

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA,
INFORMÁTICA Y MECÁNICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA



TESIS

**“REACONDICIONAMIENTO DE LA MINI CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE
URPAY-URCOS-CUSCO PARA UNA POTENCIA DE 400 KW”**

PRESENTADO POR:

BACHILLER: ATAYUPANQUI HUAMÁN CELSO CECILIO

PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO

ASESOR:

DR. LUIS FREDY CÁRDENAS SANTANDER

CUSCO – PERÚ

2019

DEDICATORIA

Este logro dedico a mis padres Cecilio y Eduvigis por brindarme su gran apoyo incondicional y por esa confianza y paciencia que me entregaron día a día, por confiar en mí e incentivarme con su gran apoyo moral y económico y así logrando que cumpla mis metas que siempre he anhelado.

A mis hermanos y docentes que supieron escucharme y guiarme hasta culminar esta carrera profesional que escogí con valentía y orgullo.

Celso Cecilio Atayupanqui Huamán

AGRADECIMIENTO

Con fe y confianza a Dios por permitir enfrentar este momento tan deseado en el camino de mi vida, al culminar esta carrera profesional que tanto anhele.

A mis abuelos, padres, hermanos, compañeros y amigos del trabajo que estuvieron apoyándome con sus buenos deseos.

A mi novia que estuvo a mi lado apoyándome.

A mi asesor que estuvo día a día exigiendo y brindando su apoyo técnico y conceptual para culminar mi tesis.

A mi Universidad De San Antonio Abad del Cusco.

Bach. Celso Cecilio Atayupanqui Huamán

PRESENTACIÓN

El Presente trabajo de tesis, ha sido desarrollado dentro del campo de la Planificación Energética tema que le corresponde participar a los Ingenieros Mecánicos que trabajamos dentro del campo de la generación de Energía Eléctrica de nuestro país. Como bien sabemos el conjunto de equipos y maquinarias que se deben diseñar, fabricar, seleccionar y proyectar en los centros de generación de energía es un diseño mecánico que lleva al proyectista prever todas las características de las futuras máquinas que deberán ser instaladas. El campo de la Planificación Energética nos obliga a proyectar las necesidades de energía que tienen las diferentes zonas de nuestro país dentro del marco del desarrollo local, regional y nacional.

A raíz del colapso que sufrió la Central Hidroeléctrica de Machu picchu causa de los desastres naturales se puso al descubierto la enorme vulnerabilidad del sistema Eléctrico Regional al depender de solo una gran fuente de Energía, es así que desde entonces las Empresas Regionales, Concesionarias de Distribución Eléctrica han tomado otra política de suministro de energía poniendo en marcha un programa de recuperación de pequeñas y medianas Centrales Hidroeléctricas que estuvieron desactivadas así como prever la instalación de nuevos centro de generación medianos que les permitan solventar los requerimientos de energía de sus zonas de distribución.

Es necesario aclarar que las Empresas Concesionarias han encontrado en sus pequeñas y medianas Centrales Hidroeléctricas una fuente de energía segura y de menor precio que las ofrecidas por los grandes centros de Producción de Energía que trabajas en los grandes Sistemas Interconectados.

Espero que el presente estudio cubra las expectativas académicas, técnicas y económicas que debe tener todo proyecto de esta envergadura.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se desarrolló mediante el análisis de ingeniería, desde el criterio técnico y económico para el Reacondicionamiento de la Mini Central Hidroeléctrica de Urpay para una potencia de 400 kW, ubicada en el centro poblado de Urpay, distrito de Huaro en la provincia de Quispicanchis departamento del Cusco el cual se ha ido desarrollando los estudios técnico de campo y mediante toma de datos, análisis y cálculos y decisiones de ingeniería.

El estudio hidrológico se realizó tomando medidas de caudales de los ríos Chanca y Llactabamba, mediante el método de flotador, por lo tanto se diseñó y cálculo las bocatomas, para los ríos Chanca y Llactabamba, y el cálculo de reservorios, canal de conducción, desarenador, cámara de carga, tubería forzada, casa de máquinas, y el reacondicionamiento de los equipos mecánicos y eléctricos.

La potencia generada por la Mini Central Hidroeléctrica de Urpay es de 400kw, será vendida al sistema eléctrico de electro sur este (ELSE).

Palabras claves: altura neta, caudal, turbina, generador eléctrico, eficiencias, central hidroeléctrica y reacondicionamiento.

ABSTRACT

This research work was developed through the analysis of engineer, from the technical and economic criterion for the reconditioning of the mini hydroelectric power plant of Urpay for a capacity of 400 kw, located in the populated center of Urpay, district of Huaro in the province of Quispicanchis department of Cuzco which has been developing the technical studies of field and by means of data taking, analysis and calculations and recommendations of engineering.

The hydrological study was carried out taking measures of flows of the rivers Chanca and Llactabamba, by means of the method of float, the refore it was designed and calculation the intakes, for the rivers Chanca and Llactabamba, and the calculation of reservoir, conduction channel, sand trap, loading chamber, forced pipe, machine house and electrical equipment.

The power generated by the mini hydroelectric plant of urpay is of 400 Kw, will be sold to the electrical system of Electro South Este (Else).

**REACONDICIONAMIENTO DE LA MINI CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE
URPAY - URCOS - CUSCO PARA UNA POTENCIA DE 400KW**

CAPÍTULO I

MEMORIA DESCRIPTIVA

1.	INTRODUCCIÓN	1
1.1.	DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIOS	1
1.1.1.	UBICACIÓN	1
1.1.2.	ÁMBITO O ÁREA DEL PROYECTO	2
2.	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	4
2.1.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
2.2.	PROBLEMA GENERAL	4
2.3.	PROBLEMA ESPECÍFICOS	5
2.3.1.	PROBLEMAS TÉCNICOS	5
2.3.2.	PROBLEMA ECONÓMICO	5
3.	OBJETIVOS	5
3.1.	OBJETIVO GENERAL	5
3.2.	OBJETIVOS ESPECIFICOS	5
3.2.1.	OBJETIVOS TÉCNICOS	5
4.	JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO	6
5.	HIPÓTESIS	6
5.1.	HIPÓTESIS GENERAL	6
5.2.	HIPÓTESIS ESPECÍFICA	7
5.2.2.	HIPÓTESIS ECONÓMICA	7
5.2.3.	IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES E INDICADORES	7
6.	INDICADORES	8

7.	ALCANCES Y LIMITACIONES	8
7.1.	SOFTWARE, PROCESAMIENTO DE DATOS	9
8.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	9
9.	MARCO TEÓRICO.....	10
9.1.	ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	10
9.2.	BASES TEÓRICAS CIENTÍFICAS	12
9.2.3.	PARTES DEL FUNCIONAMIENTO DE UNA CENTRAL HIDROELÉCTRICA.....	15
9.3.	MARCO CONCEPTUAL.....	18
10.	DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA MINI CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE URPAY.....	19
10.1.	OBRAS CIVILES.....	19
10.2.	OBRAS MECÁNICAS.....	22

CAPITULO II

HIDROLOGÍA Y GEOLOGÍA DEL SISTEMA

2.	INTRODUCCIÓN	26
2.1.	HIDROLOGÍA	26
2.2.	FISIOGRAFÍA DE LA ZONA.....	27
2.3.	TOPOGRAFÍA	27
2.4.	ECOLOGÍA	27
2.5.	CLIMA.....	28
2.6.	TEMPERATURA	29
2.7.	ESTUDIO HIDROLÓGICO.....	30
2.8.	HIDROLOGÍA Y CUENCAS DEL RIO URPAY.....	32
2.9.	AFOROS E HISTORIA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS	33

2.10. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTACIÓN (RIO CHANCA, LLACTABAMBA Y RUNRUMPAMPA) TIEMPO DE ESTIAJE	35
2.11. PROCEDIMIENTO DE EXPERIMENTACIÓN.....	35
3. PERDIDAS DEL FLUIDO HÍDRICO	42
3.2. PROCEDIMIENTO DE EXPERIMENTACIÓN.....	43
3.2. PROCEDIMIENTO DE EXPERIMENTACIÓN (RIO CHANCA) TIEMPO DE AVENIDA	44
3.3. PROCEDIMIENTO DE EXPERIMENTACIÓN (RIO LLACTABAMBA) TIEMPO DE AVENIDA	46
3.4. PROCEDIMIENTO DE EXPERIMENTACIÓN (RIO RUNRUMPAMPA) TIEMPO DE AVENIDA	48
4. IMPACTO AMBIENTAL	50
4.1. VENTAJAS Y DESVENTAJAS.....	50
4.2. ALTERACIONES DEL PROYECTO QUE GENEREN IMPACTOS	51
4.3. FACTORES BIOTICOS, ABIÓTICO Y ANTRÓPICOS.....	52

CAPITULO III

OBRAS CIVILES E INFRAESTRUCTURAS

3. INTRODUCCIÓN	53
3.1. EVALUACIÓN DE LA PRESA DE CONTROL.....	54
3.2. CRITERIOS PARA EL DISEÑO (RIO CHANCA)	56
3.2.1. CALCULO DE LA ALTURA DE CARGA	57
3.2.2. CALCULO DE LA VELOCIDAD DEL AGUA SOBRE LA CRESTA.....	57
3.2.3. VENTANA DE CAPTACIÓN.....	59
3.3. CRITERIOS PARA EL DISEÑO (RIO LLACTABAMBA).....	60
3.4. CALCULO DE LA ALTURA DE CARGA	61
3.4.1. CALCULO DE VELOCIDAD DEL AGUA SOBRE LA CRESTA.....	61

3.4.2. VENTANA DE CAPTACIÓN	63
3.5. CANAL DE ADUCCIÓN	63
3.5.1. PROGRAMA H CANALES.....	67
3.5.2. SECCIÓN DEL CANAL.....	67
3.6. VELOCIDAD DE FLUIDO	69
6.7. RUGOSIDAD	70
6.8. DESARENADOR.....	71
6.8.1. ANÁLISIS DE DIMENSIONAMIENTO HIDRÁULICO DEL DESARENADOR.....	71
6.8.2. CONTENIDO DE MATERIALES EN SUSPENSIÓN	71
6.8.3. CALCULO DE DIMENSIONES DE DESARENADOR:	72
6.9. CÁMARA DE CARGA.....	73
6.10. CANAL DE REBOSE	74
3.11. CASA DE MAQUINAS	74
3.12. CANAL DE DESCARGA.....	75
3.13. OBRAS DE CAÍDA O SOPORTE	75

CAPITULO IV

OBRAS MECÁNICAS

4. INTRODUCCIÓN	78
4.1. PARÁMETROS DE DISEÑO.....	78
4.2. POTENCIA HIDRAULICA PARA LA CENTRAL HIDROELECTRICA DE URPAY.....	79
4.3. TUBERÍA DE PRESIÓN	80
4.4. ANÁLISIS DE RUGOSIDAD EN TUBERÍA DE ACERO.....	80
4.5. PROCEDIMIENTO PARA EL ANALES DE PÉRDIDAS EN TUBERÍA.....	81

4.6. SELECCIÓN, REDISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO HIDRÁULICO PARA LA TUBERÍA FORZADA.	81
4.6.1. SELECCIÓN DEL MATERIAL DE LA TUBERÍA FORZADA	82
4.7. PERDIDA EN LA ENTRADA DE AGUA EN LA TUBERÍA.....	83
4.7.1. CALCULO DEL ESPESOR DEL TUBO (T).....	84
4.7.2. VERIFICACIÓN DEL ESFUERZO DEL TUBO.....	86
4.7.3. CALCULO DE PERDIDA DE ENERGÍA O POR FRICCIÓN EN TUBERÍA DE ACERO.....	87
4.7.4. PERDIDA EN ENTRADA DE AGUA EN TUBERÍA	88
4.7.5. PERDIDAS EN TUBERÍA POR TRAMO	90
4.7.6. PERDIDAS EN REJILLA.....	91
4.7.7. PERDIDAS EN CODOS	93
4.7.8. PERDIDAS EN VÁLVULAS	94
4.7.9. PERDIDAS DE CARGA EN LA TUBERÍA POR BIFURCACIÓN.....	94
4.7.9. PERDIDA TOTALES	98
5. TURBINA HIDRÁULICA.....	100
5.1. TIPOS DE TURBINA	100
5.2. CRITERIO DE SELECCIÓN DE LA TURBINA	101
5.3. CALCULO SEGÚN EL CRITERIO DE REACONDICIONAMIENTO PARA 400 KW.....	105
5.4. CALCULO DEL NÚMERO ESPECÍFICO DE REVOLUCIONES PARA CADA GRUPO HIDRÁULICO.	109
5.5. COMPONENTES DE LA TURBINA PELTON	111
5.6. FACTORES DE EFICIENCIA Y PÉRDIDAS	114
5.6.1. FACTORES Q PUEDEN AFECTAR LA EFICIENCIA EN LA TURBINA ...	114
5.6.2. PÉRDIDAS GENERADAS EN LA TURBINA PELTON	115

5.6.3. CALCULO PARA EL REACONDICIONAMIENTO DEL INYECTOR	116
5.6.4. CALCULO PARA EL REACONDICIONAMIENTO DEL RODETE.....	119
5.6.5. GEOMETRÍA DEL RODETE	121
5.6.6. PASÓ MÁXIMO Y NÚMERO DE CUCHARAS.....	121
5.7. ALTURA DE MONTAJE MÍNIMO.....	123
5.8. VELOCIDAD DE EMBALAMIENTO	124
6. REGULADOR DE VELOCIDAD	124
6.1. POTENCIA DE LA TURBINA	125
REGULADOR OLEOHIDRÁULICO	125
REGULADORES ELÉCTRICOS	127
REGULADORES ELECTRÓNICOS	127
6.1.1. POR SU FORMA DE ACTUAR.....	128
6.1.2. FUNCIONAMIENTO DE UN REGULADOR DE VELOCIDAD.....	128

CAPITULO V

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS MECÁNICOS Y ELECTROMECAÑICOS

5. INTRODUCCIÓN	132
5.1. NORMAS TÉCNICAS.....	132
5.2. TUBERÍA FORZADA	133
5.3. VÁLVULAS	134
5.4. TURBINAS.....	135
5.6. CARCAZA	137
5.7. RODETE.....	137
6. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL GENERADOR.....	138
6.1. SISTEMA DE REGULACION DE VELOCIDAD	139

7. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL TABLERO DE CONTROL (MEDICIÓN Y CONTROL Y DE TRANSFORMACIÓN).....	141
7.1. ESPECIFICACIONES TÉCNICA DE LOS TRASFORMADORES.....	143

CAPITULO VI

PROCESO DE REACONDICIONAMIENTO

6. INTRODUCCIÓN	144
6.1. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS PARA EL DESARROLLO DEL REACONDICIONAMIENTO.....	144
6.1.2. CANAL DE CONDUCCIÓN.....	145
6.1.3. DESARENADOR Y RESERVORIOS	146
6.1.4. CÁMARA DE CARGA.....	147
6.1.5. TUBERÍA DE PRESIÓN	147
6.1.6. VÁLVULA	148
6.1.7. TURBINAS.....	148
6.1.8. REGULADORES	149
6.1.9. ALTERNADORES.....	149
6.1.10. EXCITATRIZ.....	150
6.1.11. TABLERO DE CONTROL.....	150
6.1.12. TABLERO DE EXCITACIÓN	150
6.1.13. TRASFORMADORES.....	151
6.1.14. CASA DE MAQUINAS	151
7. ANÁLISIS DE LOS NUEVO CÁLCULOS PARA LA POTENCIA DE 400 KW SEGÚN EL REACONDICIONAMIENTO.....	152
8. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PROYECTO	153
9. NORMAS TÉCNICAS.....	157

10.	TOLERANCIAS	158
11.	PINTADO Y PROTECCIÓN ANTICORROSIVA	159
12.	BRIDAS PERNOS Y TUERCAS.....	159
13.	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y NORMAS COMPLEMENTARIA.....	159

CAPITULO VII

ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO

7.	GENERALIDADES	160
7.1.	OBJETIVO DE LA EVALUACIÓN ECONÓMICA	160
7.2.	ALTERNATIVAS DE GENERACIÓN.....	160
7.3.	ANÁLISIS ECONÓMICO DE ALTERNATIVAS DE GENERACIÓN	161
8.	EVALUACIÓN ECONÓMICA FINANCIERA DEL PROYECTO.....	163
8.1.	INDICADORES ECONÓMICOS UTILIZADOS	163
9.	CALCULO DE INGRESOS Y DESEMBOLSO	165
9.1.	CALCULO DE INGRESOS.....	165
9.2.	DEFINICIÓN Y CÁLCULO DE DESEMBOLSOS.....	165
10.	ANÁLISIS ECONÓMICO DEL PRESUPUESTO.....	166
11.	INDICADORES ECONÓMICOS	166
12.1.	VALOR ACTUAL NETO (VAN).....	168
12.2.	EVALUACIÓN DEL VAN:.....	168
13.	TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)	170
14.	FINANCIAMIENTO DEL PROYECTO.	171
15.	PRESUPUESTO BASE.....	172
	CONCLUSIONES	174
	RECOMENDACIONES.....	175
	BIBLIOGRAFÍA:	176

ANEXOS	180
<i>TABLAS Y DIAGRAMAS, DIAGRAMA DE MOODY FUENTE: METZGER & WILLARD, INC.....</i>	181
CÁLCULOS EXCEL.....	182
CALCULO EXCEL TOMA DE TIEMPOS EN ESTIAJE.....	183
CALCULO EXCEL CÁLCULO DE CAUDALES EN ESTIAJE.....	184
CALCULO EXCEL TOMA DE TIEMPOS EN VENIDA.....	185
CALCULO EXCEL FORMULAS O ECUACIONES PARA CÁLCULO DE CAUDALES.....	187
CALCULO EXCEL DIMENSIONAMIENTO HIDRÁULICO	188
CALCULO EXCEL SELECCIÓN DE TURBINAS	190
CALCULO EXCEL PRESUPUESTO DE OBRAS CIVILES	192
CALCULO EXCEL PRESUPUESTO PARA MATERIALES METÁLICOS PARA OBRAS CIVILES	195
CALCULO EXCEL RESUMEN DE PRESUPUESTOS.....	195
CALCULO EXCEL PRESUPUESTO PARA OBRAS MECÁNICAS, ELÉCTRICAS Y ELECTRÓNICAS.....	196
CALCULO EXCEL COSTOS TOTALES EN OBRAS	197
CALCULO EXCEL FLUJO DE INGRESOS Y EGRESOS	197
CALCULO EXCEL VALOR ACTUAL NETO	198
CALCULO EXCEL TASA INTERNA DE RETORNO.....	198
PLANOS	199
PLANO GENERAL DE LA MINI CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE URPAY...	200
PLANO DE OBRAS CIVILES	201
EQUIPO MECÁNICO DE LA MINI CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE URPAY	202

INDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1 MAPA DE LA REGIÓN DEL CUSCO	3
ILUSTRACIÓN 2 UBICACION PROVINCIAL DE QUISPICANCHIS.....	3
ILUSTRACIÓN 3 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL CENTRO POBLADO DE URPAY	3
ILUSTRACIÓN 4: FOTOGRAFÍA RIO URPAY	20
ILUSTRACIÓN 5: CANAL DE DERIVACIÓN.....	20
ILUSTRACIÓN 6 DESARENADOR	21
ILUSTRACIÓN 7: CÁMARA DE CARGA.....	21
ILUSTRACIÓN 8: CÁMARA DE CARGA INTERIOR	22
ILUSTRACIÓN 9: CASA DE MAQUINAS	22
ILUSTRACIÓN 10 TUBERÍA FORZADA.....	23
ILUSTRACIÓN 11 ABRAZADERA CON PERNOS DE UNIÓN.....	23
ILUSTRACIÓN 12 GRUPOS MECÁNICOS	24
ILUSTRACIÓN 13: GENERADOR	24
ILUSTRACIÓN 14: TABLERO DE CONTROL	25
ILUSTRACIÓN 15 PUENTE GRÚA	25
ILUSTRACIÓN 16: CICLO HIDROLÓGICO	32
ILUSTRACIÓN 17: TOMA DE MEDIDAS DEL RIO URPAY	35
ILUSTRACIÓN 18 ÁREA DEL RIO LLACTABAMBA TIEMPO DE ESTIAJE	37
ILUSTRACIÓN 19 ÁREA DEL RIACHUELO RUNRUMPAMPA.....	40
ILUSTRACIÓN 20: TOMA DE DATOS TÉCNICOS.....	44
ILUSTRACIÓN 21: ÁREA DEL RIO LLACTABAMBA.....	46
ILUSTRACIÓN 22: ÁREA RIO RUNRUMPAMPA.....	48
ILUSTRACIÓN 23: ESTRUCTURA DE CAPTACIÓN MEDIDAS	58
ILUSTRACIÓN 24 VENTANA DE CAPTACIÓN	60
ILUSTRACIÓN 25: DISEÑO DE PRESAS MEDIDAS.....	62
ILUSTRACIÓN 26: GEOMETRÍA DE CANALES DE ADUCCIÓN	68
ILUSTRACIÓN 27: GEOMETRÍA RECTANGULAR	68
ILUSTRACIÓN 28: CANAL DE ADUCCIÓN H CANALES	71
ILUSTRACIÓN N°29 BLOQUE DE SOPORTE	77

ILUSTRACIÓN N°30 SILLAS DE DESCANSO	77
ILUSTRACIÓN 31 MEDIDAS DE TRAMOS EN TUBERÍAS.....	90
ILUSTRACIÓN 32 PERDIDAS POR BIFURCACIÓN	95
ILUSTRACIÓN 33 DIAGRAMA DE BIFURCACIÓN CON REDUCCIÓN.....	96
ILUSTRACIÓN 34: DIÁMETRO Y VELOCIDADES EN TUBERÍA	97
ILUSTRACIÓN 35 DIAGRAMA PARA SELECCIÓN DE TURBINAS HIDRÁULICAS	106
ILUSTRACIÓN N° 36 TRIANGULO DE VELOCIDADES.....	107
ILUSTRACIÓN N° 37 TRIANGULO DE VELOCIDADES.....	108
ILUSTRACIÓN N° 38: DIMENSIONES DEL INYECTOR	118
ILUSTRACIÓN N°39: DIMENSIONES DE LA AGUJA	118
ILUSTRACIÓN 40: REGULADOR DE VELOCIDAD OLEOHIDRÁULICO.....	126
ILUSTRACIÓN 41: REGULADOR CENTRÍFUGO.....	126
ILUSTRACIÓN 42: REGULADOR DE VELOCIDAD ELÉCTRICA	127
ILUSTRACIÓN 43: ESQUEMA SIMPLIFICADO DEL REGULADOR ELECTRÓNICO ..	128
ILUSTRACIÓN 44: REGULADOR DE VELOCIDAD	129
ILUSTRACIÓN 45: REGULADOR DE VELOCIDAD	129
ILUSTRACIÓN 46: REGULADOR DE VELOCIDAD CON AMORTIGUADOR.....	130
ILUSTRACIÓN 47: REGULADOR DE VELOCIDAD PARA TURBINAS PELTON	131
ILUSTRACIÓN 48: INYECTOR.....	137
ILUSTRACIÓN 49: RODETE PELTON.....	138
ILUSTRACIÓN 50: GENERADOR	139
ILUSTRACIÓN 51: PARTES DEL GENERADOR	139
ILUSTRACIÓN 52: REGULADOR ELECTRÓNICO	141
ILUSTRACIÓN 53: TABLERO DE REGULADOR DE VELOCIDAD.....	141
ILUSTRACIÓN 54: TABLEROS DE CONTROL ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO	143

INDICE DE TABLAS

TABLA 1 ÁNGULOS EN TUBERÍA FORZADA.....	90
TABLA 2: PERFILES PARA REJILLAS	92
TABLA 3 COEFICIENTE PARA CODOS EN ÁNGULOS.....	93
TABLA 4: COEFICIENTE PARA VÁLVULAS	94
TABLA 5: DIÁMETRO Y VELOCIDADES EN TUBERÍA	96
TABLA N° 6: FRECUENCIA EN HZ.....	102
TABLA N° 7 TIPO DE TURBINAS SEGÚN RPM.....	104
TABLA N° 8 DATOS PARA EL DISEÑO DE LA TURBINA.....	105
TABLA N° 9: VALORES DE NÚMEROS ESPECÍFICOS DE REVOLUCIONES PARA TURBINAS.....	110
TABLA N°10: VALORES PARA TURBINAS HIDRÁULICAS	110
TABLA N° 11: VALORES DE NS PARA EL NÚMERO DE TOBERAS	111
TABLA N°12: MATERIALES DE RODETE	112
TABLA N° 13: MATERIALES PARA EL INYECTOR	113
TABLA N°14 : MATERIALES DEL INYECTOR	113
TABLA N°15: DIMENSIONES PARA LA TOBERA	117
TABLA N°16: DIMENSIONES DE LA CUCHARA EN FUNCIÓN DEL DIÁMETRO	120
TABLA N°17: NÚMERO DE CUCHARAS	123
TABLA 18 VALORES DE VELOCIDAD EN EMBALAMIENTO	124
TABLA 19: PARÁMETROS DE LA MINI CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE URPAY ..	132
TABLA 20: ESPECIFICACIONES DE LA TUBERÍA DE ACERO	133
TABLA 21: ESPECIFICACIONES DE VÁLVULAS	134
TABLA 22: ESPECIFICACIONES DE VÁLVULAS	135
TABLA 23: DATOS TÉCNICOS DE CAUDALES	152
TABLA 24: PERDIDAS EN TUBERÍA.....	152
TABLA 25: PERDIDAS EN CODOS.....	152
TABLA 26: PERDIDAS EN BIFURCACIÓN	152

TABLA 27: PERDIDAS EN VÁLVULAS.....	153
TABLA 28: EFICIENCIA DE EQUIPOS MECÁNICOS Y ELECTROMECÁNICOS.....	153
TABLA 29: PERDIDAS TOTAL EN ACCESORIOS Y TUBERÍA	153
TABLA 30: OBRAS DE DERIVACIÓN E INFRAESTRUCTURA.....	154
TABLA 31: EQUIPAMIENTO MECÁNICO.....	155
TABLA 32: EQUIPAMIENTO ELÉCTRICO	156
TABLA 33: RESUMEN ECONÓMICO.....	166
TABLA 34: VALOR ECONÓMICO DE INVERSIÓN PARA EL PROYECTO.....	167
TABLA 35: INVERSIÓN TOTAL DEL PROYECTO.....	167
TABLA 36: EGRESO TOTAL	167
TABLA 37: FLUJO DE CAJA.....	170
TABLA 38: CÁLCULO DE TASA INTERNA.....	171

GLOSARIO

Administraciones de carga: Influye en una demanda de energía requerida.

Alavés: Paleta cóncava y perfilada que se encuentra en las turbinas u otras máquinas, la funciones de canalizar el flujo para transformar su empuje en energía eléctrica.

Alternador: Generador que produce corriente alterna mediante el giro del rotor impulsado por un motor.

Alentador asíncrono: Dispositivo que convierte la energía mecánica de rotación en electricidad, bajo un principio de inducción electromagnética.

Altura o caída: Unidad de presión correspondiente a un fluido, donde es utilizada en bombeo de agua. Donde la altura tiene las pérdidas de altura por fricción.

ASTM: Abreviatura de American society for testing and materials (sociedad norteamericana de ensayos de materiales).

AWG: Abreviatura de American wire gauge (sistema norteamericano para denominar los calibres de alambre).

ASME: American society of mechanical engineers.

ACI: American concrete institute)

Caída de presión: Pérdida de presión estática de fluido (líquido a gas) ocurrido por la fricción que ejercen las obducciones en un conducto o tubo.

Cámara de carga: Estructura destinada a la captación del agua para conducir a la tubería forzada o tubería de presión.

Canal de toma: Componente de una central hidroeléctrica canal que suministra fluido líquido a una turbina.

Caudal: Volumen de agua que fluye a través de una sección de un curso de agua por unidad de tiempo dado.

Corriente (eléctrica): Fluido de energía eléctrica (electricidad) en un conductor, medida en amperajes.

Dique (barraje): Estructura destinada a impedir y controlar el fluido de un curso de agua, disminuyendo el caudal o aumentando.

DIN: Deutsches Institut für Normung en alemán (Instituto Alemán de Normalización).

GLOSARIO

ELSE: Electro Sur Este.

Factor de carga: la proporción de demandad promedio de energía (carga) a demanda máxima.

Generador: Dispositivo que convierte energía mecánica en energía eléctrica.

Golpe de ariete: Principal causante de averías en tuberías e instalaciones por cavitación.

Hz: Hertz (ciclos por segundo)

INEI: Sistema nacional de estadísticas e informática.

KVA (kilo volt-amperaje): Unidad de potencia aparente igual a 1000 voltios- amperajes.

KW (kilowatt): Unidad estándar de energía igual a mil watts con un consumo de energía de 1000 joules por segundo.

Reacondicionamiento: Reparación y modificación para su funcionamiento y puesta en marcha de nuevo.

Rotor: Generador eléctrico que consta de una armadura y una estructura de campo, donde la armadura lleva la bobina de alambres u otro devanado en el cual de induce el voltaje.

Rpm: Revoluciones por minuto es una medida para maquinas en movimiento.

Turbina: Dispositivo para convertir la circulación de un fluido.

Tubería de presión: Tubería de acero, destinada a transportar el agua Asia la casa de máquinas donde se encuentran los equipos electromecánicos (turbinas hidráulicas).

Voltaje: Cantidad de fuerza electromotriz, medida en voltios,

N°	GLOSARIO DE FORMULAS
2.1	$P = P_o * (1 + i)^n$
2.3	$Kwh = f(t, Dummys, PBI, Poblacion, Clientes)$
2.4	$PBI_{Barra} = \left(\frac{Venta_{Barra}}{Venta_{Total\ de\ sistema}} \right) PBI_{SRegion}$
2.5	$t_{promedio} = \frac{t_1}{n_{puebas}}$
2.6	$V_{promedio} = \frac{d_1}{t_{promedio}}$
2.7	$Q_{promedio} = A_1 * V_{promedio}$
2.8	$P_{neta} = 9.81 * Q_{diseño} * H_n$
2.9	$P_{hidraulica} = 9.81 * Q_{diseño} * H_n$
2.10	$P_{neta} = 9.81 * n_{turbina} * n_{generador} * Q_{neto} * H_n$
2.11	$h = \left(\frac{3}{2} * \frac{Q}{u * b * \sqrt{2 * g}} \right)^{\frac{2}{3}}$
2.12	$Q = A * V$
2.13	$A = b * h_0$
2.14	$h_0 = \frac{Q}{V * b}$
2.15	$h1 = h + w - \frac{Q^2}{h1^3 * b^2 * 2 * g} * 1.1$
2.16	$h2 = -\frac{h1}{2} + \sqrt{\frac{h1^2}{4} + \frac{2 * Q^2}{g * b^2 * h1}}$
2.17	$F1 = \frac{Q}{b * h1 * \sqrt{g * h1}}$
2.18	$V = K_s R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$
2.19	$R = \frac{A_{seccion\ trasverzal}}{P_{perimetro\ mojado}}$
2.20	$v_d = a * \sqrt{d}$

N°	GLOSARIO DE FORMULAS
2.21	$L = \frac{v_d * h}{v_s - (0.04 * v_d)}$
2.22	$\frac{Hb}{(Qd)^1} \geq 100$
2.23	$V = \frac{4 * Q}{\pi * D^2}$
2.24	$D = 1.13 * \sqrt{\frac{Q_d}{v}}$
2.25	$e = \left[\frac{1.5 * H_b * D}{2 \left(\frac{S_Y}{f.s} \right) / K_s} \right]$
2.26	$a = \frac{\sqrt{\frac{\varepsilon}{\delta}}}{\sqrt{1 + \frac{\varepsilon * D}{E * e}}}$
2.27	$\frac{a}{\left(1 + \frac{\varepsilon}{E} * \frac{D}{e} \right)^{\frac{1}{2}}}$
2.28	$S_x = \frac{P * D}{4 * t}$
2.29	$S_y = \frac{P * D}{2 * t}$
2.30	$hf_1 = f * \frac{L * V^2}{D * 2g}$
2.31	$hf_1 = \frac{124.6n^2}{D^{0.333}}$
2.32	$hf_1 = \frac{(k * V^2)}{(2 * g)}$
2.33	$k_r = \beta * \text{sen} \alpha * \left(\frac{d}{a} \right)^{\frac{4}{3}}$
2.34	$h_c = K_C * \frac{V^2}{2 * g}$

N°	GLOSARIO DE FORMULAS
2.35	$h_f = K_v * \frac{V^2}{2 * g}$
2.36	$h_B = K_B * \frac{V^2}{2 * g}$
2.37	$h_B = \frac{(V_a^2 - V^2)}{(2 * g)} + \frac{(K_B^2 - V_a^2)}{(2 * g)}$
2.38	$L = L_o[1 + a(T_2 - T_1)]$
2.39	$Peje = P * \eta$
2.40	$N = (120 * f)/p$
2.41	$Ns = N * \frac{\sqrt{P}}{Hn^4}$
2.42	$Nq = N * \frac{\sqrt{Q}}{Hn^4}$
2.43	$P = \frac{\rho * g * Q * Hn * \eta}{K}$
2.44	$P_E = \frac{\rho * g * Q_d * H_n * \eta * \eta_T * \eta_g}{K}$
2.45	$C_i = k_c * \sqrt{2 * g * Hn}$
2.46	$C_i = \sqrt{1 - \frac{AHi}{H}} * \sqrt{2 * g * H}$
2.47	$U_2 = K_u * C_2 * \cos(\alpha_2)$
2.48	$W_2 = Kf * C_2 * (1 - K_u)$
2.49	$C_1 = C_2 * \sqrt{K_u^2 * Kf^2 * (1 - K_u)^2 - 2 * K_u * Kf * (1 - K_u) * \cos(\beta_1)}$ $\eta_{turb} = 2 * K_C^2 * K_u * (1 - K_u) * (1 + Kf * \cos(\beta_1))$
2.50	$d_o = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * K_c * \sqrt{2 * g * H}}}$

N°	GLOSARIO DE FORMULAS
2.51	$Q_N = \frac{\pi * d_o}{4} * C_1$
2.52	$d_{salida} = 1.25 * d_o$
2.53	$bbulbo = 1.25 * d$
2.55	$D = (37a39) * \frac{\sqrt{Hn}}{N}$
2.56	$\delta = \frac{d}{D}$
2.57	$\theta = \frac{2 * \pi}{Z}$
2.58	$\lambda = \frac{D_a - D}{2}$
2.59	$\varphi = \arccos * \frac{1 + \delta}{1 + 2 * k * \delta}$
2.60	$k = \frac{1}{2} * \frac{D_a - D}{d}$
2.61	$\psi = \frac{2 * k_u}{k_c} * \sqrt{(1 + 2 * k * \delta)^2 - (1 + \delta)^2}$
2.62	$\theta = 2 * \varphi - \psi$
2.63	$t = (2 * \varphi - \psi) * \frac{D}{2}$
2.64	$z_{teorico} = \frac{2 * \pi}{\theta}$
2.65	$Z = \frac{2 * \pi}{kp * \left(\theta - 2 * \left(\frac{Da}{Dp} \right) * ku * \text{sen} \left(\frac{\theta}{2} \right) \right)}$
2.66	$Z = \frac{2 * \pi}{kp * \left(\theta - 2 * \left(\frac{Da}{Dp} \right) * ku * \text{sen} \left(\frac{\theta}{2} \right) \right)}$

N°	GLOSARIO DE FORMULAS
2.67	$\theta = 2 * \arccos \left(\frac{Dp + d}{Da} \right)$
2.68	$H_{minima} = 10 * d + \frac{H_n}{2000}$
2.69	$Pg = t * Pt$
2.70	$f = \frac{(p * N)}{120}$
2.71	$Cn = \frac{Pa}{\sqrt{3} * V}$
2.72	$Rcc = \frac{Icc}{If}$
2.73	$Pj = 3 * Ra * Ra^2$
2.74	$Pj = 35\% * Pj$
2.75	$Pmfc = C * A * \sqrt{N}$
2.76	$Pv = \frac{Pr * Va}{\gamma * 1000}$
2.77	$Pac = \frac{Pj + Pja + Pm + Pf}{10}$
5.78	$Ptg = Pj + Pja + Pm + Pf + Pac$
2.79	$ng = \frac{Ps}{Pi + Ptg}$
2.80	$\%Reg = 100 * \frac{E - V}{V}$
2.81	$I = \frac{V}{Rb}$
2.82	$VAN = - \frac{Io}{(1+r)} + \frac{BE}{(1+r)^2} + \frac{BE2}{(1+r)^3} + \dots + \frac{BEn-1}{(1+r)^{n-1}} + \frac{BEn}{(1+r)^n} = 0$

REACONDICIONAMIENTO DE LA MINI CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE URPAY - URCOS - CUSCO PARA UNA POTENCIA DE 400KW

CAPÍTULO I

MEMORIA DESCRIPTIVA

1. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de investigación está enfocado en dar una solución de ingeniería, para el reacondicionamiento de la Mini Central Hidroeléctrica de Urpay, para poder generar 400 kw de energía eléctrica, En donde la Mini Central Hidroeléctrica se encuentra en estado de abandono y así para poder suministrar el fluido eléctrico a las comunidades de la zona o a la red pública del Cusco.

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIOS

1.1.1. UBICACIÓN

El proyecto se encuentra sobre los 3,375.00 msnm, en el centro poblado de Urpay que está a 4.5 km de la localidad Huaró, a su vez se encuentra a 34 km de la ciudad de Cusco, en un viaje a través de la ruta del sur hacia el distrito del Urcos. La principal vía de comunicación hacia el centro poblado de Urpay, es por carretera asfaltada desde la ciudad del Cusco hasta la localidad de Huaró y de ahí es por trocha carróza hasta el centro poblado de Urpay.

El centro poblado de Urpay se encuentra en el distrito de Huaró de la provincia de Quispicanchis, en la zona sur oriental andina del departamento del Cusco, a 13° 42'28'' de latitud sur y a 71° 39'35" longitud oeste con respecto al meridiano de Greenwich.

1.1.2. ÁMBITO O ÁREA DEL PROYECTO

1.1.2.1.Ámbito Geográfico

Ubicación Geográfica Del Proyecto De Tesis

- Región : Cusco
- Provincia : Quispicanchis
- Distrito : Huaro
- Localidad : Centro Poblado De Urpay

Limites

- Por El Norte : Distrito De Andahuaylillas
- Por El Sur : Provincia De Acomayo
- Por El Este : Distrito De Urcos
- Por El Oeste : Provincia De Acomayo

Temperatura

- Temperatura Máxima : 20.74°c
- Temperatura Media : 12.85°c
- Temperatura Mínima : 4.76°c

Precipitación Pluvial

Precipitación total anual es de 632.45 mm

Mapa Geográfico De La Región Del Cusco

Ilustración 1 Mapa de la Región del Cusco



(Fuente google)

Ilustración 2 Ubicación Provincial de Quispicanchis



(Fuente Google)

Ilustración 3 Ubicación Geográfica del Centro Poblado de Urpay



(Fuente Google Earth).

2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

2.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el Perú existen varias Mini Centrales Hidroeléctricas abandonadas que fueron construidas en los años 1931, muchas de estas máquinas han sido diseñadas y traídas desde Europa-Alemania como la M.C.H de URPAY ubicada en el departamento de Cusco en la Provincia de Quispicanchis, Distrito de Huaro del Centro Poblado de Urpay. Estas Mini Centrales Hidroeléctricas que dejaron de funcionar después de la reforma agraria en 1969, donde no hubo capacitación al personal y un mal manejo de los nuevos equipos mecánicos de estas Mini Centrales Hidroeléctricas.

Uno de los problemas más importantes es que debemos aprovechar estas Mini Centrales Hidroeléctricas abandonadas para aportar energías eléctrica a la red pública de la región del cusco, éstas no requieren de un combustible o materia prima contaminante como las centrales térmicas y nucleares. Para lo cual estas Mini Centrales Hidráulicas solo necesitan el fluido hídrico que es el agua para generar energía eléctrica. En donde nos basaremos al estudio de reacondicionar estas máquinas que han sido abandonadas y que encuentran en un estado de abandono ya que no hubo una buena gestión de recuperación y mantenimiento de estos equipos mecánicos e infraestructuras como en el caso de la mini central hidroeléctrica de URPAY. Con un buen análisis de ingeniería en el reacondicionamiento llegaremos a ponerlo en funcionamiento y poder generar una potencia de 400 kW.

2.2.PROBLEMA GENERAL

¿Es posible el reacondicionamiento de la Mini Central Hidroeléctrica de Urpay para lograr generar una potencia de 400 kW?

2.3.PROBLEMA ESPECÍFICOS

En el presente proyecto de investigación se plantearan los siguientes problemas a resolver.

- *Problemas técnicos en la ingeniería.*
- *Problemas económicos.*

2.3.1. PROBLEMAS TÉCNICOS

- *Primer problema técnico.-* ¿Es posible la reconstrucción y el reacondicionamiento de las obras civiles de la Mini Central Hidroeléctrica de Urpay?
- *Segundo problema técnico.-* ¿Es posible el reacondicionamiento y la rehabilitación de la tubería forzada de la Mini Central Hidroeléctrica de Urpay?
- *Tercer problema técnico.-* ¿Es posible el reacondicionamiento y la habilitación de los componentes mecánicos de la Mini Central Hidroeléctrica de Urpay?
- *Cuarto problema técnico.-* ¿Es posible el reacondicionamiento y rehabilitación de los componentes electrónicos y eléctricos de la Mini Central Hidroeléctrica de Urpay?

2.3.2. PROBLEMA ECONÓMICO

¿Es posible producir una potencia efectiva para poder recuperar el capital invertido en el reacondicionamiento de la Mini Central Hidroeléctrica de Urpay?

3. OBJETIVOS

3.1.OBJETIVO GENERAL

Efectuar el estudio de ingeniería para el reacondicionamiento de la Mini Central Hidroeléctrica de Urpay para una potencia de 400 kW.

3.2.OBJETIVOS ESPECIFICOS

3.2.1. OBJETIVOS TÉCNICOS

Primer objetivo técnico.- Evaluación general de las obras civiles de la Mini Central Hidroeléctrica de Urpay.

Segundo objetivo técnico.- Realizar el análisis y evaluación de la tubería forzada.

Tercer objetivo técnico.- Realizar la evaluación y el análisis de los equipos mecánicos y electromecánicos.

3.2.2. OBJETIVOS ECONÓMICOS

Efectuar el reacondicionamiento para poner en funcionamiento y recuperar la inversión económica en un tiempo aceptable.

4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

Es justificado el desarrollo de la presente tesis pues nos permite realizar un estudio de un proyecto de Reacondicionamiento y Rehabilitación de una Mini Central que es parte de muchas otras Centrales Hidroeléctricas que se encuentran en abandono en el país. La utilidad que tendrá este proyecto nos permitirá la generación de energía eléctrica y rehabilitación de centrales que antes estuvieron en servicio.

En cuanto a la justificación social el estudio permitirá la recuperación de la Mini Central Hidroeléctrica en beneficio de la zona y de la región.

En cuanto a la parte académica los datos y análisis de este estudio servirán como base y fundamento para futuros proyectos e investigaciones.

5. HIPÓTESIS

Con el adecuado reacondicionamiento lograremos que la mini central hidroeléctrica, pueda entrar en servicio y generar una potencia de 400 kW.

5.1.HIPÓTESIS GENERAL

El reacondicionamiento nos permitirá el análisis y diagnóstico para el funcionamiento de la mini central hidroeléctrica y lograr generar una potencia de 400 kW.

5.2.HIPÓTESIS ESPECÍFICA

5.2.1. Hipótesis Técnicas

- **Primer hipótesis técnico.-** El reacondicionamiento y recuperación de las obras civiles que permitirá la captación del fluido hídrico que nos permita el funcionamiento la Mini Central Hidroeléctrica.
- **Segundo hipótesis técnica.-** El reacondicionamiento nos permitirá el diagnóstico de la recuperación de la tubería forzada o el cambio de dicho componente. Para poder entrar en funcionamiento.
- **Tercera hipótesis técnica.-** El reacondicionamiento nos permitirá dar un diagnóstico de la recuperación de los componentes mecánicos o cambio de componentes mecánicos para el funcionamiento de la Mini Central Hidroeléctrica.
- **Cuarta hipótesis técnica.-** El reacondicionamiento de los componentes electrónicos y eléctricos nos permitirá lograr una operación de control del sistema de generación eléctrica de la Mini Central Hidroeléctrica.

5.2.2. HIPÓTESIS ECONÓMICA

El estudio de Reacondicionamiento y rehabilitación permitirá el funcionamiento de la Mini Central Hidroeléctrica que nos permitirá evaluar su rentabilidad o no la recuperación del monto invertido de esta Mini Central Hidroeléctrica.

5.2.3. HIPÓTESIS AMBIENTAL

El funcionamiento de la mini central hidroeléctrica nos permitirá generar energía limpia sin contaminar ni vulnerar los parámetros ambientales que correspondan a dicha zona.

5.2.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES E INDICADORES

Las variables nos permitirán el estudio el análisis del proyecto para asumir valores de medida y cálculo.

- ***Variables independientes.***- Análisis y diagnóstico para el funcionamiento de la mini central hidroeléctrica y lograr generar una potencia de 400 kw.
- ***Variables para el análisis.***- Q_r : caudal del río, H_b : altura bruta, H_n : altura neta, Q : caudal, η : eficiencia de la turbina, f : factor de fricción, ρ : densidad, otros.
- ***Variables dependientes.***- Generar una potencia de 400 kw,
- ***variables encontradas.***- P_e : potencia efectiva, P_{es} : potencia específica, N : rpm, otros.

6. INDICADORES

Reconstrucción De Obras Civiles.

- ✓ Rehabilitación de la tubería forzada.
- ✓ Rehabilitación de componentes mecánicos.
- ✓ Rehabilitación de componentes eléctricos.

Donde mencionaremos (mal estado y buen estado).

Potencia eléctrica.

- ✓ Caudal.
- ✓ Revoluciones.
- ✓ Altura bruta.

Donde mediremos (kW/h, m³/s, N/m², rpm, H).

7. ALCANCES Y LIMITACIONES

Diagnósticos y expedientes técnicos de rehabilitación y reacondicionamiento de carácter académico.

Las obras civiles, eléctricas y electrónicas no se analizarán de forma detallada solo un análisis descriptivo.

7.1. SOFTWARE Y PROCESAMIENTO DE DATOS

- AutoCAD
- Excel
- Word
- Otros

8. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

El desarrollo del proyecto es de investigación científica y tecnológica. La necesidad de contar con un suministro de energía eléctrica, se presenta como un problema de ingeniería, por lo que, cualquier propuesta de investigación en estos temas que buscan aplacar problemas reales saliendo del ámbito puramente académico, será una contribución en buscar una solución a una situación real adversa que tiene implicancias técnicas, económicas y ambientales, al servicio de la sociedad.

Tipo, Nivel Y Diseño De La Investigación

Tipo: El proyecto de investigación es del tipo APLICADA, por que estudia una realidad de acuerdo a una información confirmada por hechos. Es analítico y explicativo porque está dirigida a responder a una necesidad física.

Nivel: Es un una investigación de nivel DESCRIPTIVO y EXPLICATIVO, porque se describe el fenómeno problemático tal cual se presenta, también se busca definir y dimensionar aspectos físicos del fenómeno que responde a causas y efectos.

Diseño De Investigación: El diseño de la investigación es de tipo NO EXPERIMENTAL.

Cuantitativo. Porque mediremos la potencia generada por la Mini Central en kW/h.

Cualitativo. Porque valoraremos el estado de las obras civiles y componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos.

Es de *Corte Transversal*, por tratar variables independientes cuyos cambios ya ocurrieron, nos limitaremos a la observación de situaciones ya existentes.

9. MARCO TEÓRICO

9.1.ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

9.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES. *se tuvo como antecedentes los siguientes estudios realizados y publicaciones: (tesis de título “Factibilidad De Sistemas De Micro Y Mini Hidroeléctricas Comunitarias Rurales en el Azuay” Del Autor Rafael Esteban Vélez Iñiguez de la Universidad de Cuenca - Ecuador 2013).*

El objetivo de esta Se realizó un análisis de la situación del Sector Eléctrico en el Ecuador, y evidenciar las ventajas para el país y particularmente para los GADs, de contar con micro y mini centrales hidroeléctricas operadas por la comunidad y que entreguen su energía al Sistema Nacional Interconectado. En primer lugar se hace una revisión de la situación actual el sector eléctrico ecuatoriano, comparándolo con la situación de los demás países de Latinoamérica y la realidad eléctrica a nivel mundial. A continuación se realiza un análisis de la normativa legal aplicable al sector eléctrico del Ecuador, considerando las principales entidades responsables de la electrificación en el país, y la normativa legal aplicable, especialmente en lo referente a las pequeñas, micro y mini centrales hidroeléctricas, y al desarrollo de fuentes de energía renovable no convencionales.

Por último se obtienen las conclusiones del estudio, en las cuales se confirma la necesidad de un trabajo conjunto entre los GADs y las autoridades responsables del sector eléctrico ecuatoriano para lograr un compromiso firme para la implementación de este tipo de centrales, que traerán beneficios

Directos a los pobladores de las comunidades en donde puedan ser aprovechados los recursos hídricos existentes.

9.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES se tuvo como antecedentes los siguientes estudios realizados y publicaciones: (tesis de título “Planificación y Diseño de una Pequeña Central Hidroeléctrica” del autor Juan Alberto Calmet Soto de la Universidad San Martín De Porres, 2014).

La investigación titulada. Se realizó teniendo como objetivo implementar una guía básica de procedimientos prácticos para desarrollar proyectos energéticos pequeños que son necesarios para el desarrollo del país.

Se trabajó tomando como ejemplo de un proyecto de generación eléctrica pequeño de nivel regional, en donde se aplicará la experiencia obtenida en años de operación, combinada con las normas y reglamentación actual tanto nacional como internacional.

Finalmente, se pudo concluir que los procedimientos y análisis al diseñar una central hidroeléctrica deben estar acorde a las necesidades de la población tanto actual como a su proyección a futuro, empleándose la tecnología disponible que pueda adecuarse a las características del proyecto en desarrollo.

9.1.3. ANTECEDENTES LOCALES se tuvo como antecedentes los siguientes estudios realizados y publicaciones: tesis de título "Modelamiento Y Análisis De La Estabilidad En La Mini Central Hidroeléctrica De Aobamba", De Los Autores Julio Tito Laupa, Julio César Huamán Laura, De La Universidad Nacional De San Antonio Abad Del Cusco, 2015. “Proyecto De La Central Hidroeléctrica De Abancay 7.5 MVA” presentado por Américo Montufar Valer, De La Universidad Nacional De San Antonio Abad Del Cusco, 2005.

El objetivo general del estudio de la presente tesis es: propusieron mejorar el comportamiento de la estabilidad del sistema", para lo cual se elabora un modelo matemático que simule la operación de la mini central hidroeléctrica con el control de nivel del agua en la cámara de carga. Dicho modelo se simula con la ayuda del programa MATLAB. Partiendo de las características

técnicas de diseño, de la mini central hidroeléctrica de Aobamba proporcionada por la empresa generadora EGEMSA, se elabora un modelo matemático de cada componente (cámara de carga, tubería forzada, turbina), que represente el comportamiento dinámico frente a condiciones normales de operación. Una vez desarrollada los modelos matemáticos de la mini central se procede al estudio de la estabilidad en condiciones normales de operación. Para ello, se linealizan las ecuaciones que reflejan la dinámica de cada componente de la mini central, para la determinación de la matriz dinámica del sistema. Siguiendo la teoría de control clásico, aplicando el método de Routh - Hurwitz y la técnica de lugar de raíces, se obtiene la región de estabilidad y la pareja de ganancias óptimas (k , T_i) del controlador PI, reduciendo de esta forma las oscilaciones y su tiempo de establecimiento, para las tres condiciones de operación a (carga nominal, baja carga y sobre carga). Partiendo del criterio heurístico y del método del lugar de las raíces se determina las ecuaciones características de las ganancias del controlador PI, en función a sus parámetros de diseño de la mini central, para una Sintonización adecuada y estable. Una vez determinada las ganancias del controlador PI, se procede a las simulaciones de la mini central hidroeléctrica de Aobamba, frente a pequeña como a gran perturbación alrededor de un punto de funcionamiento. Por último, todo el trabajo realizado se desarrolla dentro de su fase de diseño para facilitar un buen diseño que garantice una respuesta adecuada y estable en condiciones de operación de la mini central hidroeléctrica de Aobamba.

9.2.BASES TEÓRICAS CIENTÍFICAS

9.2.1. ENERGÍAS HIDROELÉCTRICAS

La energía hidroeléctrica es electricidad generada aprovechando la energía del agua en movimiento. La lluvia o el agua de deshielo, provenientes normalmente de colinas y montañas, crean arroyos y ríos que desembocan en el océano. La energía que generan esas corrientes de agua puede ser considerable.

Este tipo de energía lleva años explotándose. Los agricultores, desde la Grecia antigua han utilizado molinos de agua para moler trigo y hacer harina. Localizados en los ríos. En los molinos la energía cinética del agua gira el molino y se convierte en la energía mecánica.

A finales del siglo XIX, la energía hidroeléctrica se convirtió en una fuente para generar electricidad. La primera Central Hidroeléctrica se construyó en Niagara Falls en 1879. En 1881, las farolas de la ciudad de Niagara Falls funcionaban mediante energía hidroeléctrica. En 1882, la primera Central Hidroeléctrica del mundo comenzó a funcionar en Estados Unidos en Appleton, Wisconsin.

Una Central Hidroeléctrica clásica es un sistema que consiste en tres partes: una central eléctrica en la que se produce la electricidad; una presa que puede abrirse y cerrarse para controlar el paso del agua; y un depósito en que se puede almacenar agua. El agua de detrás de la presa fluye a través de una entrada y hace presión contra las palas de una turbina, lo que hace que éstas se muevan. La turbina hace girar un generador para producir la electricidad. La cantidad de electricidad que se puede generar depende de hasta dónde llega el agua y de la cantidad de ésta que se mueve a través del sistema. La electricidad puede transportarse mediante cables eléctricos de gran longitud hasta casas, fábricas y negocios.

La energía hidroeléctrica proporciona casi un quinto de la electricidad de todo el mundo. China, Canadá, Brasil, Estados Unidos y Rusia fueron los cinco mayores productores de este tipo de energía en 2004. Una de las centrales hidroeléctricas de mayor tamaño del mundo se encuentra en los Tres Cañones sobre el río Yangtsé de China. El depósito de estas instalaciones.

Empezó a llenarse en 2003, pero no se espera que la central esté en pleno funcionamiento hasta 2009. La presa mide 2,3 kilómetros de ancho y 185 metros de alto.

La central hidroeléctrica de mayor tamaño de los Estados Unidos se encuentra junto a la presa Grand Coulee, sobre el río Columbia, en la zona norte del estado de Washington. Más del 70 por ciento de la electricidad producida en este estado proviene de centrales hidroeléctricas.

La energía hidroeléctrica es la que genera electricidad de forma más barata en la actualidad. Esto se debe a que, una vez que la presa se ha construido y se ha instalado el material técnico, la fuente de energía (agua en movimiento) es gratuita. Esta fuente de energía es limpia y se renueva cada año a través del deshielo y las precipitaciones.

Además, este tipo de energía es fácilmente accesible, ya que los ingenieros pueden controlar la cantidad de agua que pasa a través de las turbinas para producir electricidad según sea necesario.

9.2.2. CENTRALES HIDROELÉCTRICAS

Las centrales o plantas hidroeléctricas fueron las primera plantas generadores de energías e eléctrica que se usaron en el mundo para la producción de grandes cantidades de energía. La razón de esto es que dichas plantas se caracterizan por tener una serie de cualidades muy ventajosas en relaciones de otros tipos de plantas o centrales como las Termoeléctricas convencionales. (*Centrales Hidroeléctricas / José Dolores Juárez, C, 1992*). El término “*pequeña central hidroeléctrica*” se refiere a las centrales hidroeléctricas con capacidad instalada en el rango de 0.2 kW (las cuales suministran a hogares rurales individuales) hasta 500 kW (suministran a aldeas o actividades industriales, o ambas). Las centrales dentro de este rango, aunque son similares en principio a las mini-centrales hidroeléctricas (10 MW) y a las grandes centrales hidroeléctricas (100 MW), requieren un enfoque diferente en su diseño, desarrollo y operación. Su pequeña dimensión y comparativa menor inversión de capital por central imposibilita estudios de ingeniería costosos y pericia técnica especializada para el manejo y el mantenimiento. Los ingenieros y planificadores en el ámbito de la energía hidroeléctrica están generalmente entrenados para pensar en términos de centrales enormes. Sin embargo, en las

pequeñas hidroeléctricas el objetivo son muchas centrales diminutas ampliamente distribuidas, todas diferentes y sujetas a las condiciones cambiantes del sitio específico. Los problemas, por lo tanto, son más complicados. En los proyectos grandes de energía se tiende a ignorar a los usuarios finales, quienes aparecen en los informes como estadísticas carentes de nombres. Aquellos implicados en las centrales medianas y pequeñas, en cambio, probablemente han de conocer y hablar con los usuarios finales quienes, muy seguramente, estarán involucrados en el proyecto desde el inicio. De hecho, para las centrales más pequeñas, el paquete de energía puede venderse como una pieza de equipo agrícola para que el usuario final lo instale por sí mismo. *Depto. de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Universidad de los Andes. (Revista de Ingeniería, núm. 44, 2016, pp. 60-63 Universidad de Los Andes Bogotá, Colombia Jaime Loboguerrero Uscátegui Introducción El término”).*

9.2.3. PARTES DEL FUNCIONAMIENTO DE UNA CENTRAL

HIDROELÉCTRICA

9.2.3.1. Toma De Agua Y Represa

Represa.- En toda planta o Central Hidroeléctrica de importancia es necesario construir una cortina para formar un embalse o vaso, que sirve para regular el gasto de agua de la planta.

Tomas de agua.-son construcciones adecuadas que permiten recoger el líquido para llevarlo hasta las máquinas por medios de canales o tuberías. La toma de agua de las que parten varios conductos hacia las tuberías, se hallan en la pared anterior de la presa que entra en contacto con el agua embalsada. Estas tomas además de unas compuertas para regular la cantidad de agua que llega a las turbinas, poseen unas rejillas metálicas que impiden que elementos extraños como troncos, ramas, etc. puedan llegar a los alabes y producir desperfectos.

9.2.3.2.Desarenadores

La función del desarenador es fundamental en las Centrales Hidroeléctrica más que todo en las pequeñas y mini centrales que este tiene como misión eliminar las partículas de material solido que se encuentran suspendidas en el caudal de agua mediante la disminución de la velocidad del caudal a 0.5 m/s.

9.2.3.3.Aliviaderos

El objetivo principal del aliviadero es brindar seguridad a la mini central hidroeléctrica, este debe ir ubicado en un sitio estratégico ya que este está destinado a verter el exceso de caudal cuando este propase la capacidad del canal, así evitaremos la posibilidad de desbordes del canal cuando varíen las condiciones normales de funcionamiento del canal.

9.2.3.4.Canal o Tubería

Son los encargados de transportar el caudal hacia la ubicación de la casa de máquinas donde estarán ubicadas las turbinas.

Depende del material del que sea construido el canal depende la velocidad de conducción del agua hacia las turbinas.

9.2.3.5.Cámara De Carga

Es la estructura destinada a combinar un sistema de baja presión con un sistema de alta presión además este destinado a:

- Mantener un nivel de reserva de carga para cambios bruscos de carga.
- Evitar la llegada a la turbina de elementos sólidos.
- Sirve como un control de caudal en condiciones atmosféricas adversas.
- Evitar la entrada de aire en la turbina.

9.2.3.6.Tubería Forzada

La tubería forzada es la última etapa del transporte del caudal hacia la turbina criterios para considerar la selección de la turbina de presión.

- Considerar los materiales para las uniones.
- Comparar los costos de mantenimiento y vida útil de los diferentes materiales
- Considerar los diámetros de tubería disponible en el mercado.

9.2.3.7.Sala O Casa De Maquinas

Es la estructura que aloja los equipos electromecánicos que transforman la energía cinética del agua en energía mecánica y luego a energía eléctrica entre los equipos que están ubicados en la casa de máquinas.

- Empalme entre la tubería de presión y válvula de entrada.
- Válvula dedicada a controlar el flujo de agua hacia la turbina.
- Turbina es la que transforma la cinética del agua en energía mecánica.
- Generador transforma la energía mecánica en energía eléctrica.
- Subestación eleva el voltaje de salida del generador para facilitar el transporte de la energía hacia los centros de consumo.
- Canal de salida es la estructura que conduce las aguas turbinadas hacia el río o canal de riego.

9.2.3.8.Componentes de Cierre de la Turbina

Son válvulas o compuertas que aíslan la turbinas en caso de paradas y permite el vaciado de la turbina y las labores de reparación y mantenimiento.

9.2.3.9.Equipos Auxiliares

Estos equipos son también necesarios para el correcto funcionamiento de una mini central hidroeléctrica. Entre los equipos mecánicos, eléctricos y electrónicos tenemos:

- Compuertas.
- Reja y maquinas limpia rejas
- Grúa para movimiento de máquinas.
- Sistemas contra incendios
- Válvulas de paso y apertura.
- Alumbrados.
- Medidores de caudal.
- Tablero de control para el monitoreo de la mini central.

9.2.4. Tipos Turbinas

Turbinas de acción.- Son aquellas en las que el fluido no sufre un cambio de presión al paso por el rodete.

Turbinas de reacción.- Son las que el fluido sufre un cambio de presión en el rodete.

Por diseño de rodete:

- *Kaplan*
- *Hélice*
- *Pelton*
- *Francis*
- *Axial*

9.3.MARCO CONCEPTUAL

- **Reacondicionamiento.-** Consiste en restaurar una pieza dañada, con el objetivo de que vuelva a ser utilizable y extienda su vida de servicio.
- **Planta o Central Hidroeléctrica.-** En general, es aquella en que se convierte la energía de movimiento y caída de un río en corriente eléctrica aprovechable para la industria, iluminación, fuerza motriz, etc.

- ***Golpe de Ariete.***- Onda de presión que se produce por un cierre brusco de una compuerta y parada de la corriente agua, mediante una vibración ruidosa.
- ***Eficiencia.***- Es la relación entre energía que se produce al final de la conversión en comparación con la energía que entra originalmente en la planta.
- ***Desarenadores.***- Donde el agua pierde velocidad y de esta manera los sólidos que lleve tienden a decantar en el fondo del mismo
- ***Casa de Máquinas.***- Recinto donde se encuentra instalado el conjunto de la turbina y generador.
- ***Tubería de Presión o Tubería Forzada.***- Esta se inicia en la toma de agua y termina inmediatamente antes de la turbina y es en donde el agua tiene su mayor caída. Está construida de acero para soportar las altas presiones.

10. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA MINI CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE URPAY

10.1. OBRAS CIVILES.

10.1.1. *Captación De Agua Para La M.C.H De Urpay*

En el centro poblado de Urpay encontramos dos ríos que se unen y crean el río Urpay, anteriormente se aprovechaba el caudal del agua de los ríos para la captación y funcionamiento de la Mini Central Hidroeléctrica de Urpay, en la actualidad estas infraestructuras de captación se encuentran destruidas, en mal estado sin bocatomas ni válvulas de apertura y cierre, por otro lado encontramos una parte del canal de derivación para el agua un tramo de 5 metros de concreto armado con piedra en la cual nos indica por donde era la captación de los caudales de los ríos.

Ilustración 4: Fotografía Rio Urpay



Fuente: Fotografía Propia

10.1.2. Canal De Derivación

En cuanto al canal de derivación se encuentran en un estado de abandono ya que el 20% de estos tramos se encuentra destruidos, en donde nuestro canal de derivación desde la bocatoma – cámara de carga tiene una distancia de 4000 metros, en donde este canal está construido con piedra y concreto.

Ilustración 5: Canal de Derivación



Fuente: Fotografía Propia

10.1.3. Desarenador

El desarenaos de la Mini Céntrela Hidroeléctrica de Urpay necesita un mantenimiento e instalaciones de compuertas de entrada y salida, el desarenados en la actualidad se encuentra en mal estado este desarenador está construido con concreto armado con piedra el desarenador se encuentra a una distancia de 20 metros de la cámara de carga.

Ilustración 6 Desarenador



Fuente: Fotografía Propia

10.1.4. Cámara De Carga

La cámara de carga se encuentra a unos 20 metros del desarenador en cuento al estado esta infraestructura se encuentra en mal estado ya que no cuenta con una tapa de ingresos una escalera para limpieza, la compuerta principal de ingreso del agua se encuentra en mal estado el canal de desfogue del agua se encuentra destruido, la rejilla que se encuentra en su interior se encuentra desempotrada y con rupturas, la infraestructura está construida de concreto armando con piedra.

Ilustración 7: Cámara de Carga



Fuente: Fotografía del Lugar

Ilustración 8: Cámara de Carga Interior



Fuente: Fotografía Propia

10.1.5. Casa De Maquinas

Esta infraestructura se encuentra en un mal estado ya que esta infraestructura está hecha de adobe con cementación de piedra y forjado con concreto armado con un techo de teja con soportes o vigas de madera por lo que en la actualidad esta infraestructura es insegura.

Ilustración 9: Casa de Maquinas



Fuente: Fotografía Propia

10.2. OBRAS MECÁNICAS

10.2.1. Tubería Forzada

La Tubería forzada de la Mini Central Hidroeléctrica se encuentra en mal estado por la antigüedad. En la tubería encontramos tramos de corrosión ya que esta tubería está hecha de planchas de acero con bridad unidas por pernos. Con soportes de bloques de concreto armado y piedra.

Ilustración 10 Tubería Forzada



Fuente: fotografía propia

10.2.2. Diagnóstico De Componentes

Los componentes mecánicos como las compuertas de apertura, válvulas, rejilla, bridas, pernos y válvulas de ingreso en la Mini Central Hidroeléctrica se encuentran en mal estado y en algunos tramos ya no existen porque han sido destruidas con el tiempo.

Ilustración 11 abrazadera Con Pernos de Unión



Fuente: Fotografía Propia

10.2.3. Turbina Hidráulica

La turbina hidráulica de la Mini Central Hidroeléctrica de Urpay se encuentra en un mal estado empezando por su carcasa, inyectores y rodete como el sistema de frenado y el sistema oleo hidráulico y chumaceras por lo que estos componentes con la antigüedad han sido dados de baja para la operación.

La carcasa se encuentra con corrección en algunas partes, el rodete se encuentra en mal estado por el mal relleno de soldadura y con corrosión, de igual manera todos los componentes en la actualidad se encuentran en un abandono total.

Ilustración 12 Grupos Mecánicos



Fuente: Fotografía Propia

10.2.4. Generadores

El generador está en un mal estado y desmantelado por lo que falta algunas piezas y por la antigüedad que tiene estos generadores en la actualidad no encontraremos las piezas o repuestos faltantes en el mercado.

Ilustración 13: Generador



Fuente: Fotografía Propia

10.2.5. Tablero De Control

Tablero de control se encuentra desmantelado como sus sistemas de medición y componentes eléctricos analógicos, estos componentes en la actualidad está fuera de funcionamiento.

Ilustración 14: Tablero de Control



Fuente: Fotografía Propia

10.2.6. Puente Grúa

El puente grúa necesita un mantenimiento de todo sus componentes ya que a este puente grúa puede acoplarse un motor eléctrico.

Ilustración 15 Puente Grúa



Fuente: Fotografía Propia

CAPITULO II

HIDROLOGÍA Y GEOLOGÍA DEL SISTEMA

2. INTRODUCCIÓN

En la presente tesis, se ara los respectivos análisis de hidrología de la zona de Urpay para poder determinar los caudales de los ríos que se encuentran en el centro pablado, los datos tomados serán en los tiempos de estiaje y venida.

Determinado los resultados se llevara a cabo el desvío de los caudales para la Mini Central Hidroeléctrica De Urpay para la generación 400 kw.

2.1. HIDROLOGÍA

Es la ciencia que se ocupa específicamente del estudio del ciclo hidrológico completo del agua, desde el momento en que este cae desde la atmósfera a la tierra hasta que desemboca en el mar o vuelve a la atmósfera. Donde la hidrología como ciencia de la Ingeniería incluye aquellos aspectos cuantitativos de la hidrología, que tienen relación con la planificación, diseño y operación de obras de Ingeniería y ciencias afines, para el uso de control del agua.

Las características hidrológicas de la localidad de Urpay están implicadas por su estructura geológica, geográfica, en forma dominante, por su clima que son factores climatológicos que afectan las características hidrológicas de la zona de estudio, tales como la cantidad y distribución de la precipitación, la existencia del hielo en las partes altas y los efectos del viento, la temperatura y la humedad; en estos casos el proyectista debe tener ciertos conocimientos de los procesos meteorológicos que determine el clima del lugar, donde se realiza un estudio de proyecto.

La evaluación de la hidrología de la zona consiste en determinar los caudales de un río, volúmenes mensuales y anuales disponibles para el almacenamiento y utilización, en los periodos de estiaje que limitan la utilización del agua de las corrientes y las avenidas. En estos caso sea tal vez utilizar un análisis de los diagrama de crecientes

2.2. FISIOGRAFÍA DE LA ZONA

El centro poblado de Urpay se encuentra ubicada en una cuenca profunda, con una variada conformación geográfica y con una escasa vegetación arbórea, por el cual fluye el río Huaro, como también los ríos Chanca, Llactabamba y un riachuelo Runrumpampa que su origen es en las partes altas y en quebrada del centro poblado de Urpay, por donde el caudal va aumentando en su recorrido por la afluencia de numerosos manantiales como, Miskiuno, Pucyucucho, Yuraccacca, etc. Llamados así por los pobladores de la zona.

2.3. TOPOGRAFÍA

La topografía del centro poblado de Urpay se encuentra en un rango de pendientes de 0 a 4 % que corresponde a un terreno plano, ligeramente inclinado y por la margen derecha e izquierda está rodeada por dos cerros con un rango de pendiente de 15 a 25% que significa, moderadamente empinada. El centro poblado de Urpay presenta una geografía bastante diferenciada, ubicándose en una zona de piso de valle o interandina que corresponde entre los 2200 a 3600 m.s.n.m. y a las veces abarca áreas de los territorios de los distritos de Oropesa, Lucre, Andahuaylillas, Urcos, Huaro. Quiquijana, Cusipata.

2.4. ECOLOGÍA

Los pisos ecológicos clasificados por pulgar Vidal consideran como primer piso a *Omagua O Selva Baja*, ubicado entre los 200 y 400 m.s.n.m. el relieve es variado con predominio de montañas, con vegetación alboreada y con quebradas estrechas.

En cuanto el tercer piso ecológico es la *Quechua* correspondiente al centro poblado de Urpay, el lugar del área de influencia del proyecto un zona de clima templado con un frio seco donde el relieve es accidentado, conformado por declives de subes pendientes con unos valles interandinos, con ríos caudaloso en tiempo de lluvias de aguas frías. En esta zona es de vocación agrícola y ganadera para productos andinos: Como el maíz, cebada, trigo, habas y papa, etc. Y la crianza de ganado vacuno y ovino principalmente.

El cuarto piso se considera *Suni*, son tierra que se ubican entre los 3500 y 4000 m.s.n.m. el relieve es escarpado y los ríos son de aguas frías de un caudal variado.

El quinto piso corresponde a *Puna o Jalca*, zona comprendida entre los 4000 y 4500 m.s.n.m. que conforman las altas mesetas andinas y quebradas y con rocosidades en las pendientes de un clima frio seco y lluvioso, con ríos de agua frías de deshielos poco caudalosos con un vegetación de pastos naturales.

Piso *Janca O Cordillera* pisos más altos de la provincia de Quispicanchis comprendiendo más de 4500 m.s.n.m. donde encontraremos la presencia de relieves rocosos, cubierto por una capa de nieve o hielo los rio no son caudalosos.

2.5. CLIMA

El clima del lugar del proyecto a realizarse en donde se ubican las obras civiles, eléctrica y obras mecánicas (el centro poblado o comunidad del Urpay) tiene un clima templado y semi lluvioso en todo el año.

En las zonas alto andinas de la localidad de Urpay como, Finay, Sullumayo, Arahua, que son comunidades colindantes de donde nace el recurso hídrico para la M C H de Urpay. Presenta un clima templado – frio hasta muy frio y lluviosos, cuyos datos de interés para la evaluación hidroenergética veremos en la *tabla N° 2*

2.6. TEMPERATURA

Las temperaturas máximas que se producen en la zona del proyecto, que varían entre 17 a 21.8 °C donde alcanza a sus valores más altos en los meses de julio, octubre y noviembre, con un promedio anual de 20°C y donde las temperaturas mínimas fluctúan entre 1.03 a 8.8 °C, alcanzando sus valores más bajos en los meses de junio – julio y un promedio anual de 5.1 °C, la temperatura media anual de esta zona varía entre 11 a 15.1 °C con un promedio anual de 13.5 °C, que son datos obtenidos en el SENAMHI.

Tabla N°2: Datos Climáticos de la Localidad de Urcos, Cusco

Variable	Temperatura Máxima Media Mensual	Temperatura Mínima Media Mensual	Temperatura Media Mensual	Precipitación Total Mensual	Evaporación Potencial Media Mensual	Humedad Relativa Media
	°C	°C	°C	mm	mm	%
Enero	16.75	7.71	14.40	127.53	74.71	79.10
Febrero	18.75	7.83	14.22	135.86	71.09	73.70
Marzo	19.89	7.68	14.31	91.97	81.93	77.90
Abril	20.80	5.96	13.80	38.66	88.22	65.10
Mayo	19.90	2.83	12.86	5.64	101.70	59.50
Junio	19.83	0.30	11.11	2.40	103.50	55.40
Julio	20.00	0.60	11.00	2.83	111.40	54.50
Agosto	20.20	2.14	11.90	8.40	113.50	56.20
Setiembre	21.80	5.30	13.60	15.77	114.87	57.50
Octubre	21.82	6.65	14.80	22.02	128.17	56.90
Noviembre	21.82	7.31	15.19	39.60	120.40	58.20
Diciembre	19.92	7.60	14.76	85.89	101.20	60.30
Promedio Anual Total	20.12	5.16	13.50	576.57	1210.69	62.86

Tabla N°1: Ubicación Del Centro Poblado De Urcos

<i>Latitud sur</i>	<i>13° 41' 38"</i>
<i>Longitud oeste</i>	<i>71° 39' 42"</i>
<i>Altitud</i>	<i>3350 m.s.n.m.</i>

Ubicación Centro Poblado de "Urcos" (Fuente: Senamhi Quispicanchis)

Tabla N°4: Datos Climáticos De La Zona Alto Andinas De Urpay

Variable	Temperatura Máxima Media Mensual	Temperatura Mínima Media Mensual	Temperatura Media Mensual	Precipitación Total Mensual	Evaporación Potencial Media Mensual	Humedad Relativa Media
	°C	°C	°C	mm	mm	%
Enero	14.50	3.70	8.90	121.10	58.30	72.50
Febrero	14.30	3.80	8.90	121.10	56.70	74.70
Marzo	15.10	3.10	8.80	99.00	60.20	74.45
Abril	15.50	2.50	7.95	39.90	60.35	70.90
Mayo	15.40	-1.20	7.70	6.90	89.90	65.90
Junio	15.58	-3.00	6.20	2.00	97.70	56.20
Julio	15.10	-3.00	5.60	2.80	108.25	59.85
Agosto	15.20	-1.70	6.75	11.90	97.70	64.73
Setiembre	15.35	0.80	8.00	17.20	91.10	64.40
Octubre	16.00	1.90	9.10	20.40	113.30	64.90
Noviembre	16.10	3.20	9.62	52.90	102.50	67.00
Diciembre	15.00	3.50	9.40	92.70	82.00	69.00
Promedio Anual Total	15.26	1.13	8.16	587.90	1018.00	66.86

Datos Climáticos de la Localidad y Zonas Alto Andinas de "Urpay" Urcos-Cusco. (Fuente: Senamhi Quispicanchis.)

Tablas N°3: Ubicación de la Zona De Urpay

Latitud sur	13° 51' 45"
Longitud oeste	71° 40' 08"
Altitud	3726 m.s.n.m.

Ubicación Centro Poblado de "Urpay". (Fuente: Senamhi Quispicanchis.)

2.7. ESTUDIO HIDROLÓGICO

2.7.1. CICLO HIDROLÓGICO Y PRECIPITACIÓN PLUVIAL

La muestra en la precipitaciones pluvial total anual 576.57 mm. Siendo los meses de mayor precipitación pluvial, enero, febrero, marzo y diciembre.

En la zona alto andinas de la comunidad de Urpay, la mayor descarga de lluvias es más intenso, en los meses de diciembre, enero, febrero y marzo. Correspondiendo a una precipitación pluvial que es un total anual de 587,90 mm.

2.7.2. HUMEDAD RELATIVA

La humedad relativa para esta zona varía desde los 54.5 hasta los 79.1 % mensual, con un promedio anual de 62,9% el mayor porcentaje de humedad relativa se presenta en la época de lluvias. En la parte alta donde se encuentran la laguna de la comunidad de pumacocha, tiene los porcentajes más altos de humedad relativa, se presenta durante los meses de mayor precipitación pluvial, los mismos que disminuyen en los meses de estío, cuyo promedio anual es de 67.01% con un rango de variación entre 59.8 a 74.7%.

2.7.3. EVAPORACIÓN

La evaporación o evapotranspiración este fenómeno consiste, básicamente en el que el agua se evapora desde las lagunas, de los riachuelos, desde toda superficie húmeda del terreno, con, o sin vegetación, de los árboles, existe una evaporación constante en todo momento. El índice o tasa de evaporación está influenciado por varios factores como:

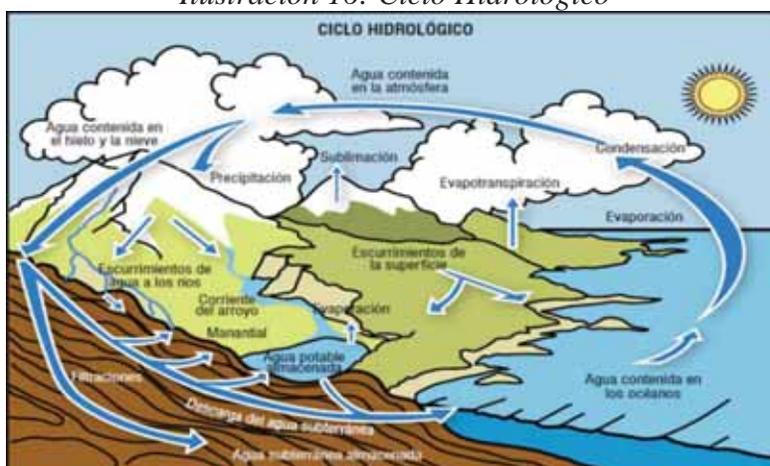
La temperatura, la radiación solar, la humedad relativa y la velocidad del viento; donde la radiación solar es la fuente de energía del ciclo hidrológico, donde se producen variaciones de calor que se traducen en una mayor o menos evaporación.

El viento no es otra cosa que el aire en movimiento, esto es otro de los factores importantes del ciclo hidrológico porque influye en el transporte de calor y de la humedad en los procesos de evaporación. La zona presenta evapotranspiración potencial media anual de 1210.2 mm, con variaciones mensuales de 71 a 128, 1. Produciéndose este fenómeno de evapotranspiración en los meses de mayo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre.

La precipitación captada por la vegetación se evapora eventualmente. La cantidad de agua que realmente llega a la superficie se ve por lo tanto disminuida con respecto a la precipitación observada en una estación del año, denominándose traspiración. A esta evaporación total y traspiración se llama evapotranspiración.

En la zona alto andinas la evaporación más alta se produce en el mes de octubre solamente, como consecuencia de la mayor incidencia solar, registrándose con 113.30 mm. 0.17 mm. Con variaciones mensuales de 56,6 a 133 mm. En algunos sectores de la zona la tasa de evaporación llega de 1500 a 2000 mm al año. En conclusión podemos decir que la práctica es casi imposible diferenciar entre la evaporación y traspiración en un terreno de vegetación.

Ilustración 16: Ciclo Hidrológico



Fuente: Biología de Suelos. Ciclo Hidrológico

2.8. HIDROLOGÍA Y CUENCAS DEL RIO URPAY

2.8.1. GENERALIDADES

Una parte del volumen total se filtra en el suelo, otras se evaporan sobre la superficie del terreno y una tercera escurre por los trayectos naturales (drenes) constituidas por las quebradas conformando así a dos ríos y un riachuelo de donde son captadas para el aprovechamiento hidráulico para la mini central hidroeléctrica de Urpay, una vez captadas el agua de las fuentes mencionadas, antes siendo su curso de fluencia aguas abajo del canal de conducción, llegan a

conformar el río Huaro que desemboca en la cuenca del río Vilcanota, donde el agua llega hasta el mar para continuar el ciclo hídrico, los pequeños riachuelos como micro cuencas que viene hacer la zona de terreno en donde del agua se drena.

2.8.2. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LOS AFLUENTES DE URPAY

Pendiente de los ríos.- La concentración de las aguas en un determinado punto de cause en donde existen una serie de criterios debido a que dentro de los diferentes ríos existen innumerables pendientes que serán calculadas.

Perímetro de los ríos.- Los perímetros de los ríos, es un valor algo estimado de la longitud de la línea curva que conforma el contorno de los ríos.

Área de los ríos.- En donde se ha realizado los cálculos respectivos de cada uno de los río mediante un método de medidas de profundidad y longitudinal en tiempos de lluvia y estiaje.

Tabla N°5: Cuenca de los Ríos de Urpay

<i>RIO</i>	<i>ÁREA(Km2)</i>
<i>CHANCA</i>	<i>8.505</i>
<i>LLACTABAMBA</i>	<i>10.354</i>
<i>RUMRUNPAMPA</i>	<i>1.479</i>

Micro Cuencas de los Tres Ríos Afluentes de la Zona. (Fuente Municipalidad de Huaro).

2.9. AFOROS E HISTORIA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

En este proyecto es importante, determinar el caudal, este análisis debe calcularse con mucho cuidado. Si es posible en todas las épocas del año. Para poder saber el caudal mínimo y máximo de los ríos.

2.9.1. AFORO

La palabra aforo significa medir caudales, los términos caudal, gasto y descarga son sinónimos, con este procedimiento se puede conocer el régimen. Para tener una apreciación exacta sobre la

posibilidad de aprovechar con eficacia la fuerza hidráulica, en donde existen varios métodos de aforo.

Por esta ocasión utilizaremos el método conocido de flotación, llamado también método del área y velocidad.

2.9.1.1. Método De Flotación

El método de flotación es útil cuando existen grandes corrientes, es ideal si se puede encontrar una sección de río de unos 10 metros de largo donde la corriente sea bastante consistente en la anchura y profundidad. (*Dirección Regional de Infraestructura Agraria Y Riego del Perú – DGIAR, Primera Edición Octubre Del 2014*)

Este método es usado para estimación de caudales con fines de estudios de prefactibilidad, en cambio otro método por su exactitud y precisión son utilizados para estudios definitivos. Para iniciar un aforo con el flotador es factible dividir la sección del lecho del río y se obtienen las secciones promedios. Donde seleccionamos un tramo uniforme del río para usar flotadores, y medir el tiempo de demora del flotador con el cronometro. Donde los resultados son promediados; en donde se obtendrá la velocidad superficial; esta velocidad es reducida por un factor de corrección generalmente varia de 65% a 85% el valor de la velocidad tomada, depende de la naturaleza del terreno la rugosidad el estado de las paredes o bordes de los ríos a medirse.

Estiaje

El término se deriva de estío o verano. El estío es la época de menor caudal de los ríos debido a la relativa escasez de precipitaciones fluviales de esta estación. Cuando nos referimos al régimen de un río, en otros términos el estiaje es el periodo de aguas bajas.

2.10. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTACIÓN (RIO CHANCA, LLACTABAMBA Y RUNRUMPAMPA) TIEMPO DE ESTIAJE

Primero Seleccionamos en tramo uniforme del cauce del río. Tomamos 10 metros de longitud, ya que 10 metro es recomendable, en el cauce del río encontramos la presencia de piedras de diferentes tamaños.

Segundo marcamos el inicio y le fin del tramo.

Tercero soltamos el cuerpo de un peso ligero como la esfera de tecnopor ya nos mostrara el avance en un tiempo determinado por la distancia tomada.

Cuarto con un instrumento de medida (cronometro) tomamos el tiempo al momento de soltar el cuerpo desde el punto de inicio y dejamos de medir en cuanto el la esfera de tecnopor llegue al punto final.

Quinto repetimos diez veces el mismo procedimiento para la toma de tiempo.

2.11. PROCEDIMIENTO DE EXPERIMENTACIÓN

En este procedimiento conoceremos los ríos donde tomaremos datos técnicos para poder identificar y calcular los caudales que necesitamos para la MCH Urpay.

2.11.1. Procedimiento De Experimentación (Rio Chanca) En Tiempo De Estiaje

Ilustración 17: Toma de Medidas del Rio Urpay



Rio Urpay Toma de Medidas (Fuente: Elaboración Propia).

Tabla N° 6: Área Del Rio Urpay

Área Rio Chanca
3669.68 cm ²
0.366968 m ²

Área del Rio Chanca (Fuente: Elaboración Propia.)

Toma de Profundidades Rio Chanca

Tabla N° 7: Toma De Profundidades Del Rio Chanca

MEDIDA DE PROFUNDIDAD RIO CHANCA							
N°	Medida (cm)	N°	Medida (cm)	N°	Medida (cm)	N°	Medida (cm)
1	0	7	19.81	13	17.69	19	14.67
2	10.8	8	18.52	14	16.36	20	11.63
3	10.5	9	22.61	15	18.79	21	11.10
4	16.7	10	27.95	16	14.4	22	12.97
5	16.5	11	23.84	17	15.65	23	10.39
6	16.21	12	22.98	18	13.86	24	0

Toma de Profundidades del Rio Chanca (Fuente: Elaboración Propia.)

Toma De Tiempos Rio Chanca

Tabla N° 8: Toma De Tiempos De Rio Chanca

Numero de flotador	Tipo de flotador	Longitud (m)	Tiempo (s)
1	Esfera de tecnopor	5	8.09
2	Esfera de tecnopor	5	7.02
3	Esfera de tecnopor	5	8.23
4	Esfera de tecnopor	5	6.51
5	Esfera de tecnopor	5	8.11
6	Esfera de tecnopor	5	8.02
7	Esfera de tecnopor	5	7.23
8	Esfera de tecnopor	5	6.23
9	Esfera de tecnopor	5	7.19
10	Esfera de tecnopor	5	8.12

Toma de Tiempos del Rio Chanca (Fuente: Elaboración Propia de Experimentación)

Calculamos el tiempo promedio

Tomaremos los tiempos tomados en las mediciones hechas, sumamos todos los tiempos obtenidos y dividirlos en el procedimiento realizado 10 veces.

$$t_{promedio} = \frac{t_1}{n_{puebas}} \dots \dots \dots 2.5$$

$$t_{promedio} = \frac{74.75 \text{ segundos}}{10}$$

$$t_{promedio} = 7.48 \text{ segundos}$$

Calculamos la velocidad promedio

$$V_{promedio} = \frac{d_1}{t_{promedio}} \dots \dots \dots 2.6$$

$$V_{promedio} = \frac{5m}{7.48s}$$

$$V_{promedio} = 0.67m/s$$

Calculamos el caudal promedio

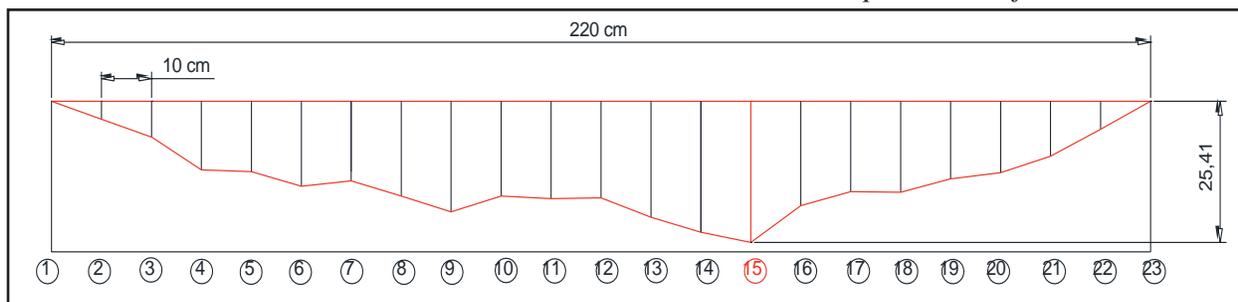
$$Q_{promedio} = A_1 * V_{promedio} \dots \dots \dots 2.7$$

$$Q_{promedio} = 0.366968m^2 * 0.67m/s$$

$$Q_{promedio} = 0.244m^3/seg$$

2.11.2. Procedimiento De Experimentación (Rio Llactabamba) En Tiempo De Estiaje

Ilustración 18 Área Del Rio Llactabamba Tiempo De Estiaje



Área del Rio Llactabamba en Tiempo de Estiaje (Fuente: Elaboración Propia)

Tabla N° 9: Área Del Rio Llactabamba

<i>Área Rio Llactabamba</i>
<i>3161.25 cm²</i>
<i>0.316125 m²</i>

Área rio Llactabamba (Fuente: Elaboración Propia)

Toma De Profundidades Rio Llactabamba

Tabla N°10: toma de profundidades del rio Llactabamba

<i>Medida De Profundidad Rio Llactabamba</i>					
<i>N°</i>	<i>Medida (cm)</i>	<i>N°</i>	<i>Medida (cm)</i>	<i>N°</i>	<i>Medida (cm)</i>
<i>1</i>	<i>0</i>	<i>9</i>	<i>19.84</i>	<i>17</i>	<i>16.26</i>
<i>2</i>	<i>3.22</i>	<i>10</i>	<i>17.05</i>	<i>18</i>	<i>16.36</i>
<i>3</i>	<i>6.43</i>	<i>11</i>	<i>17.51</i>	<i>19</i>	<i>13.98</i>
<i>4</i>	<i>12.33</i>	<i>12</i>	<i>17.39</i>	<i>20</i>	<i>12.84</i>
<i>5</i>	<i>12.69</i>	<i>13</i>	<i>20.88</i>	<i>21</i>	<i>9.80</i>
<i>6</i>	<i>15.28</i>	<i>14</i>	<i>23.55</i>	<i>22</i>	<i>5.03</i>
<i>7</i>	<i>14.31</i>	<i>15</i>	<i>25.41</i>	<i>23</i>	<i>0</i>
<i>8</i>	<i>17.05</i>	<i>16</i>	<i>18.77</i>	<i>-</i>	<i>-</i>

Toma de Profundidades Rio Llactabamba (Fuente: Elaboración Propia de Experimentación)

Toma De Tiempos Rio Llactabamba

Tabla N° 11: Toma De Tiempos Del Rio Llactabamba

<i>Numero de flotador</i>	<i>Tipo de flotador</i>	<i>Longitud (m)</i>	<i>Tiempo (s)</i>
<i>1</i>	<i>Esfera de tecnopor</i>	<i>5</i>	<i>7.28</i>
<i>2</i>	<i>Esfera de tecnopor</i>	<i>5</i>	<i>7.71</i>
<i>3</i>	<i>Esfera de tecnopor</i>	<i>5</i>	<i>7.49</i>
<i>4</i>	<i>Esfera de tecnopor</i>	<i>5</i>	<i>6.67</i>
<i>5</i>	<i>Esfera de tecnopor</i>	<i>5</i>	<i>7.05</i>
<i>6</i>	<i>Esfera de tecnopor</i>	<i>5</i>	<i>6.02</i>
<i>7</i>	<i>Esfera de tecnopor</i>	<i>5</i>	<i>7.50</i>
<i>8</i>	<i>Esfera de tecnopor</i>	<i>5</i>	<i>6.03</i>
<i>9</i>	<i>Esfera de tecnopor</i>	<i>5</i>	<i>7.51</i>
<i>10</i>	<i>Esfera de tecnopor</i>	<i>5</i>	<i>6.13</i>

Toma de Tiempos Rio Llactabamba (Fuente: Elaboración Propia)

Calculamos el tiempo promedio

Tomaremos los tiempos tomados en las mediciones hechas, sumamos todos los tiempos obtenidos y dividirlos en el procedimiento realizado 10 veces.

$$t_{promedio} = \frac{t_1}{n_{puebas}}$$

$$t_{promedio} = \frac{69.39 \text{ segundos}}{10}$$

$$t_{promedio} = 7.04 \text{ segundos}$$

Calculamos la velocidad promedio

$$V_{promedio} = \frac{d_1}{t_{promedio}}$$

$$V_{promedio} = \frac{5m}{7.04}$$

$$V_{promedio} = 0.71m/s$$

Calculamos el caudal promedio

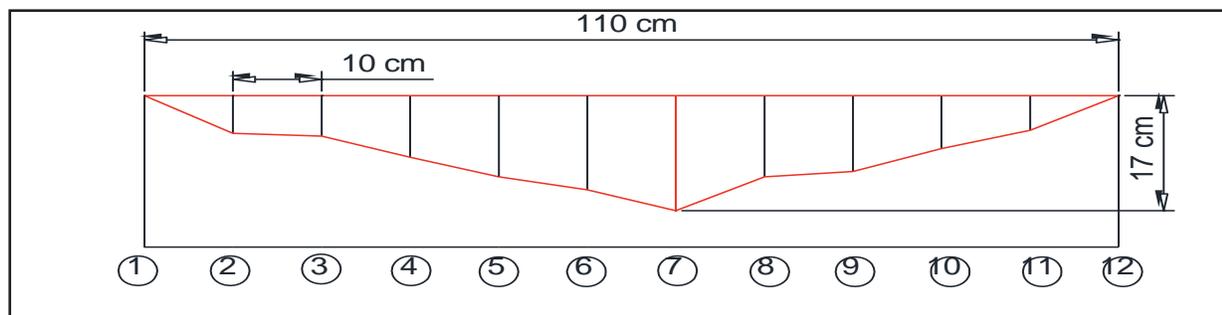
$$Q_{promedio} = A_1 * V_{promedio}$$

$$Q_{promedio} = 0.316125m^2 * 0.71m/s$$

$$Q_{promedio} = 0.225m^3/seg$$

2.11.3. Procedimiento De Experimentación (Riachuelo Runrumpampa) En Tiempo De Estiaje

Ilustración 19 área del riachuelo Runrumpampa



Riachuelo Runrumpampa (Fuente: Elaboración Propia).

Toma De Profundidades Riachuelo Runrumpampa

Tabla N°12: Toma De Profundidades
Medida De Profundidad Rio Runrumpampa

N°	Medida (cm)	N°	Medida (cm)
1	0	7	17.00
2	5.55	8	12.00
3	5.98	9	11.21
4	9.08	10	7.82
5	12.00	11	5.09
6	13.91	12	0

Toma de profundidades (Fuente: Elaboración Propia)

Tabla13: Área Del Rio Runrumpampa

Área Rio Runrumpampa
996.42 cm ²
0.099642 m ²

Área Del Rio Runrumpampa (Fuente: Elaboración Propia)

Toma De Tiempos Rio Runrumpampa

Tabla N°14: Toma De Tiempo Rio Runrumpampa

<i>Numero de flotador</i>	<i>Tipo de flotador</i>	<i>Longitud (m)</i>	<i>Tiempo (s)</i>
1	Esfera de tecnopor	5	26.03
2	Esfera de tecnopor	5	27.1
3	Esfera de tecnopor	5	25.36
4	Esfera de tecnopor	5	26.21
5	Esfera de tecnopor	5	25.12
6	Esfera de tecnopor	5	24.51
7	Esfera de tecnopor	5	25.30
8	Esfera de tecnopor	5	26.69
9	Esfera de tecnopor	5	25.39
10	Esfera de tecnopor	5	26.87

Toma de tiempos rio Runrumpampa (Fuente: Elaboración Propia).

Calculamos el tiempo promedio

Tomaremos los tiempos tomados en las mediciones hechas, sumamos todos los tiempos obtenidos y dividirlos en el procedimiento realizando 10 veces.

$$t_{promedio} = \frac{t_1}{n_{puebas}}$$

$$t_{promedio} = \frac{258.58 \text{ segundos}}{10}$$

$$t_{promedio} = 25.86 \text{ segundos}$$

Calculamos la velocidad promedio

$$V_{promedio} = \frac{d_1}{t_{promedio}}$$

$$V_{promedio} = \frac{5m}{25.86s}$$

$$V_{promedio} = 0.19m/s$$

Calculamos el caudal promedio

$$Q_{promedio} = A_1 * V_{promedio}$$

$$Q_{promedio} = 0.099642m^2 * 0.019m/s$$

$$Q_{promedio} = 0.0019m^3/seg$$

Caudales Hallados En Tiempo De Estiaje

Tabla N°15: Caudales Hallados En Tiempo De Estiaje

<i>N° DE RÍOS</i>	<i>RÍOS EN LA CUENCA DE URPAY</i>	<i>TOTAL EN CAUDAL DISPONIBLE (m3/s)</i>	<i>CAUDAL EXEDENTE (m3/s)</i>	<i>CAUDAL DE CAPTACION PARA NUESTRA MCH Urpay (m3/s)</i>	<i>OBS</i>
<i>1</i>	<i>Rio Chanca</i>	<i>0.244</i>	<i>0.02</i>	<i>0.224</i>	<i>caudal regulable</i>
<i>2</i>	<i>Rio Llactabamba</i>	<i>0.225</i>	<i>0.02</i>	<i>0.205</i>	<i>caudal regulable</i>
<i>3</i>	<i>Riachuelo Runrumpampa</i>	<i>0.019</i>	<i>0.01</i>	<i>-</i>	<i>caudal no regulable</i>
<i>TOTAL</i>		<i>0.488m3/s</i>	<i>0.05m3/s</i>	<i>0.469m3/s</i>	

Caudal hallado en tiempo de estiaje (Fuente: Elaboración Propia)

3. PERDIDAS DEL FLUIDO HÍDRICO

Agricultura.- En las zonas alto andinas las poblaciones o comunidades siembra sus terrenos por lo que ellos hacen uso del agua de los rio y manantes que se encuentran en el lugar. Como en las zonas alto andinas de Urpay también vemos que la gente de la comunidad de Urpay hace uso del fluido hídrico para sus cosechas ya que en el lugar se encuentra terrenos de cultivo, ganadería. Para lo cual hemos estimado un 40% que va a ser dividido un para la comunidad y los riegos y un 60% para el funcionamiento de la Mini Central Hidroeléctrica de Urpay.

Estimamos los gastos y pérdidas que encontramos:

- Agricultura en la zona alto andinas:0.03 m³/seg
- Agricultura y ganadería en la comunidad de urpay:0.08m³/seg
- Perdidas por evaporación y filtraciones:0.012m³/seg
- La sumatoria de estas pérdidas nos da :

$$Q_{perdidas} = 0.03 + 0.08 + 0.012$$

$$Q_{promedio} = 0.122m^3/seg$$

3.2. PROCEDIMIENTO DE EXPERIMENTACIÓN

Procedimiento Experimenta (Rio Chanca, Llactabamba Y Runrumpampa) Tiempo De Lluvias

Primero Seleccionamos un tramo uniforme del cauce del rio. Tomamos 10 metros de longitud, ya que 10 metro es recomendable, en el cauce del rio encontramos la presencia de piedras de diferentes tamaños arrastrando ya que el volumen del rio está en crecimiento.

Segundo marcamos el inicio y el fin del tramo

Tercero soltamos el cuerpo de un peso ligero que es la esfera de tecnopor ya que este cuerpo no se puede hundir y nos mostrara el avance en un tiempo determinado por la distancia tomada.

Cuarto con un instrumento de medida (cronometro) tomamos el tiempo al momento de soltar el cuerpo desde el punto de inicio y dejamos de medir cuando el cuerpo llegue al punto final.

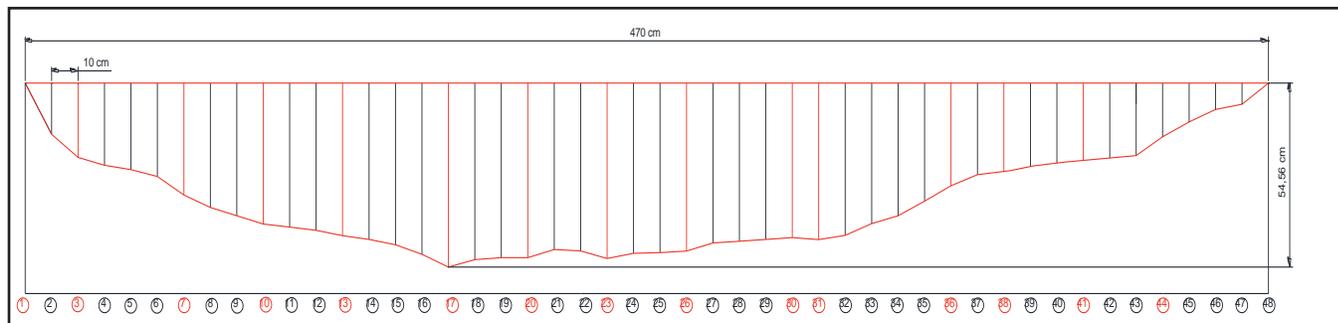
Quinto repetimos diez veces el mismo procedimiento para la toma de tiempo.

Esta tomas de datos es en los meses de lluvia para lo cual tomamos los datos con mucho cuidado y que es peligroso y riesgoso.

3.2. Procedimiento De Experimentación (Rio Chanca) Tiempo De Avenida

Toma De Datos De Profundidad De Rio Chanca En Avenida.

Ilustración 20: Toma De Datos Técnicos



Tomas de Datos Técnicos (Fuente: Elaboración Propia).

Tabla N°16: Área Del Rio Chanca

Área Rio Chanca
15953.97 cm ²
1.595397m ²

Área del Rio Chanca (Fuente: Elaboración Propia).

Tabla N°17: Medidas De Profundidades Del Rio Chanca

Medida De Profundidad Rio Chanca									
N°	Medida (cm)	N°	Medida (cm)	N°	Medida (cm)	N°	Medida (cm)	N°	Medida (cm)
1	0.00	11	42.72	21	49.37	31	46.39	41	21.94
2	15.19	12	43.67	22	49.77	32	45.17	42	22.22
3	22.05	13	45.26	23	52.00	33	41.66	43	21.50
4	24.35	14	46.38	24	50.52	34	39.35	44	44.95
5	25.67	15	47.97	25	50.30	35	35.00	45	11.50
6	27.68	16	50.77	26	49.82	36	30.46	46	7.55
7	33.18	17	54.56	27	47.40	37	27.16	47	6.29
8	36.89	18	52.47	28	46.90	38	26.55	48	0
9	39.33	19	51.77	29	46.90	39	24.73	-	-
10	41.77	20	51.77	30	45.82	40	23.73	-	-

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°18: tiempos tomados

N° de flotador	Tipo de flotador	Longitud (m)	Tiempo (s)
1	Esfera de tecnopor	5	3.2
2	Esfera de tecnopor	5	3.9
3	Esfera de tecnopor	5	4.83
4	Esfera de tecnopor	5	3.26
5	Esfera de tecnopor	5	3.20
6	Esfera de tecnopor	5	4.89
7	Esfera de tecnopor	5	4.78
8	Esfera de tecnopor	5	3.79
9	Esfera de tecnopor	5	3.93
10	Esfera de tecnopor	5	3.01

Fuente: Elaboración Propia.

Calculamos el tiempo promedio

Tomaremos los tiempos tomados en las mediciones hechas, sumamos todos los tiempos obtenidos y dividirlos en el procedimiento realizado 10 veces.

$$t_{\text{promedio}} = \frac{t_1}{n_{\text{puebas}}}$$

$$t_{\text{promedio}} = \frac{38.79 \text{ segundos}}{5}$$

$$t_{\text{promedio}} = 3.88 \text{ segundos}$$

Calculamos la velocidad promedio

$$V_{\text{promedio}} = \frac{d_1}{t_{\text{promedio}}} = V_{\text{promedio}} = \frac{5\text{m}}{3.88\text{s}}$$

$$V_{\text{promedio}} = 1.29\text{m/s}$$

Calculamos el caudal promedio

$$Q_{\text{promedio}} = A_1 * V_{\text{promedio}}$$

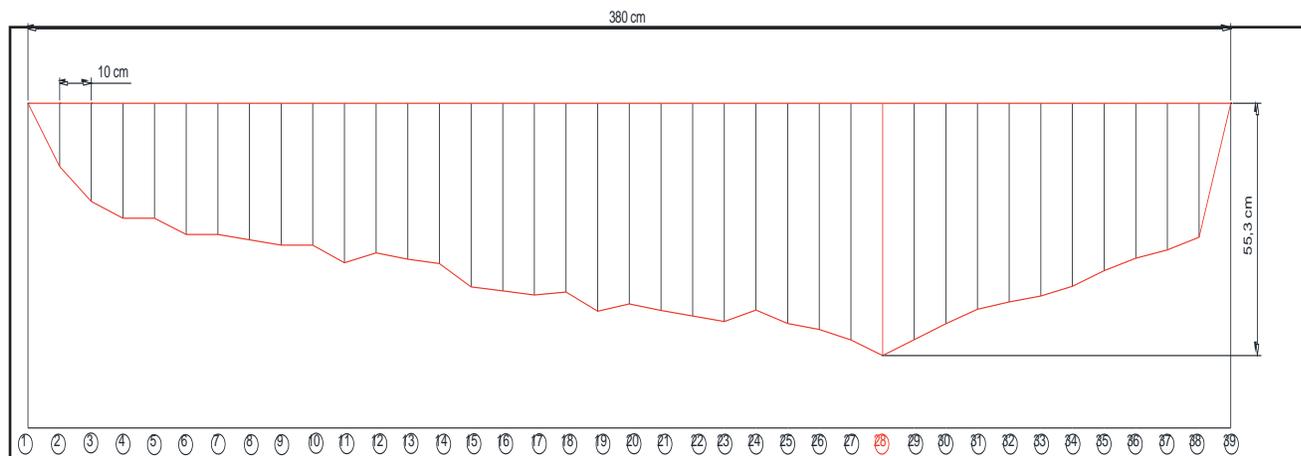
$$Q_{\text{promedio}} = 1.595397\text{m}^2 * 1.29\text{m/s}$$

$$Q_{\text{promedio}} = 2.056\text{m}^3/\text{seg}$$

3.3. Procedimiento De Experimentación (Rio Llactabamba) Tiempo De Avenida

Toma De Datos De Profundidad De Rio Llactabamba En Avenida

Ilustración 21: Área Del Rio Llactabamba



Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°19: Medidas De Profundidades

Medida de Profundidad Rio Llactabamba							
N°	Medida (cm)	N°	Medida (cm)	N°	Medida (cm)	N°	Medida (cm)
1	0	11	34.97	21	45.41	31	45.52
2	13.87	12	32.77	22	46.61	32	43.52
3	21.51	13	34.15	23	47.81	33	42.23
4	25.22	14	35.11	24	45.34	34	10.12
5	25.22	15	10.22	25	48.25	35	36.67
6	28.74	16	41.1	26	49.57	36	33.93
7	2874	17	42.00	27	51.88	37	32.15
8	29.91	18	41.34	28	55.30	38	29.35
9	31.09	19	45.58	29	51.81	39	0
10	31.09	20	43.97	30	48.32	40	-

Medidas de Profundidades (Fuente: Elaboración Propia).

Tabla N° 20: área rio Llactabamba

Área Rio Llactabamba
14200.04 cm ²
1.420004 m ²

Área Rio Llactabamba (Fuente: Elaboración Propia).

Tabla N° 21: Toma De Medidas

Numero de flotador	Tipo de flotador	Longitud (m)	Tiempo(s)
1	Esfera de tecnopor	5	3.35
2	Esfera de tecnopor	5	3.60
3	Esfera de tecnopor	5	3.89
4	Esfera de tecnopor	5	3.98
5	Esfera de tecnopor	5	3.12
6	Esfera de tecnopor	5	3.01
7	Esfera de tecnopor	5	3.30
8	Esfera de tecnopor	5	3.90
9	Esfera de tecnopor	5	3.26
10	Esfera de tecnopor	5	3.87

Toma de Medidas (Fuente: Elaboración Propia).

Calculamos el tiempo promedio

Tomaremos los tiempos tomados en las mediciones hechas, sumamos todos los tiempos obtenidos y dividirlos en el procedimiento realizado 10 veces.

$$t_{promedio} = \frac{t_1}{n_{puebas}}$$

$$t_{promedio} = \frac{35.28 \text{ segundos}}{10}$$

$$t_{promedio} = 3.53 \text{ segundos}$$

Calculamos la velocidad promedio

$$V_{promedio} = \frac{d_1}{t_{promedio}}$$

$$V_{promedio} = \frac{5m}{3.53s}$$

$$V_{promedio} = 1.42m/s$$

Calculamos el caudal promedio

$$Q_{promedio} = A_1 * V_{promedio}$$

$$Q_{promedio} = 1.420004m^2 * 1.42m/s$$

$$Q_{promedio} = 2.012m^3/seg$$

Tabla N° 24: Toma De Datos

Numero de flotador	Tipo de flotador	Longitud (m)	Tiempo(s)
1	Esfera de tecnopor	5	5.36
2	Esfera de tecnopor	5	5.42
3	Esfera de tecnopor	5	5.6
4	Esfera de tecnopor	5	4.79
5	Esfera de tecnopor	5	3.79
6	Esfera de tecnopor	5	3.15
7	Esfera de tecnopor	5	4.97
8	Esfera de tecnopor	5	5.00
9	Esfera de tecnopor	5	5.10
10	Esfera de tecnopor	5	5.81

Toma de Datos (Fuente: Elaboración Propia).

Calculamos el tiempo promedio

Tomaremos los tiempos tomados en las mediciones hechas, sumamos todos los tiempos obtenidos y dividirlos en el procedimiento realizado 10 veces.

$$t_{promedio} = \frac{t_1}{n_{puebas}}$$

$$t_{promedio} = \frac{48.99 \text{ segundos}}{10}$$

$$t_{promedio} = 4.90 \text{ segundos}$$

Calculamos la velocidad promedio

$$V_{promedio} = \frac{d_1}{t_{promedio}}$$

$$V_{promedio} = \frac{5m}{4.90s}$$

$$V_{promedio} = 1.02m/s$$

Calculamos el caudal promedio

$$Q_{promedio} = A_1 * V_{promedio}$$

$$Q_{promedio} = 0.2154m^2 * 1.02m/s$$

$$Q_{promedio} = 0.220m^3/seg$$

Tabla N° 25: Toma de Datos de Caudales Totales Tiempo de Venida o Lluvias

<i>N° RÍOS</i>	<i>RÍOS DE URPAY</i>	<i>TOTAL EN CAUDAL DISPONIBLE(m3/s)</i>	<i>OBS</i>
<i>1</i>	<i>Rio Chanca</i>	<i>2.056</i>	<i>caudal regulable</i>
<i>2</i>	<i>Rio Llactabamba</i>	<i>2.012</i>	<i>caudal regulable</i>
<i>3</i>	<i>Riachuelo Runrumpampa</i>	<i>0.220</i>	<i>Caudal regulable</i>
<i>TOTAL</i>		<i>4.288 m3/s</i>	

Toma de Datos de Caudales (Fuente: Elaboración Propia).

4. IMPACTO AMBIENTAL

Toda central hidroeléctrica genera impacto ambiental, dependiendo de su magnitud el impacto es proporcional a su tamaño.

4.1. VENTAJAS Y DESVENTAJAS

➤ *Ventajas.*

Es renovable

- No se consume el agua en la que el agua se toma en el tramo uno o al principio (captación de fluido hídrico) y su devolución a su cauce original en el tramo final (desfogue casa de máquinas).
- Es muy segura para las personas, animales o bienes.
- No genera calor gases contaminantes, lluvia acida o efecto invernadero.
- Genera empleos o puestos de trabajo en la ejecución y construcción de la obra y en el funcionamiento, mantenimiento y producción de energía.
- En lo que se requiere una inversión considerable en zonas de montañas y zonas alejadas.
- Genera tecnología para pueblos alejados sin fluido eléctrico.

Desventajas.

- Altera la vida biológica (animal y vegetación) de los ríos y la zona.
- En cuanto a la evaporación del fluido hídrico (agua), el aumento de la humedad relativa aumenta del medio ambiente esto produce la evaporación del agua en el embalse esto en casos de centrales hidroeléctricas grandes.
- En caso de grandes embalse puede generar focos infecciosos por lo que su tratamiento e inspección debe de ser rigurosos.
- Disminuyen los nutrientes del resto del rio hasta su desembocadura.

4.2. ALTERACIONES DEL PROYECTO QUE GENEREN IMPACTOS***Periodo De Obras.***

- Movimiento o preparación del terreno, tala de árboles que obstruyan o retirar cualquier elemento que pudiera interrumpir la obra.
- Construcción de desbordes para el rio, para la construcción de embalses o represas.
- Movimiento de tierras, excavaciones, rellenos para la construcción de la toma, tubería forzada, canal de descarga, casa de máquinas y parque de transformación.
- Transporte de materiales, equipos a la obra.
- Ocupación de suelo.
- Eliminaciones de materiales, rehabilitación, reacondicionamiento o restauraciones superficies afectadas.

Periodo De Funcionamiento

- Presencia de la mini central hidroeléctrica.
- Producción y generación de energía.
- Ruido, vibraciones.

4.3. FACTORES BIÓTICOS, ABIÓTICO Y ANTRÓPICOS

Bióticos

Las interacciones que se modificara por la obra afectaran a todo ser vivo del lugar ya que se modificara la zona donde se encuentran algún número de especies como animales, vegetación microorganismos.

- Migración de peces

Abióticos

En lo abiótico modificaremos el estado físico, como las desviaciones de los ríos, en un caso extremo la temperatura o pH de los ríos o nutrientes del suelo movido y aprovechamiento de las lluvias.

- Movimientos de tierras

Antrópicos

Es la relación que tiene la empresa ejecutora con su personal en el medio ambiente.

- Presencia de personal

CAPITULO III

OBRAS CIVILES E INFRAESTRUCTURAS

3. INTRODUCCIÓN

Con la infraestructura llegaremos a embalsar, encausar y derivar el cauce del fluido hídrico por lo que nos permitirá el mejor aprovechamiento hidráulico de los ríos que se encuentran en la zona. La Mini Central Hidroeléctrica está en la margen izquierda del rio Huaro y de la comunidad de Urpay.

Para el análisis adecuado enumeraremos los componentes estructurales de la Mini Central Hidroeléctrica ya que gracia a estas infraestructuras nos permitirá el transporte del fluido hídrico hacia nuestra casa de máquinas.

Estructura de Embalse

Presas o reservorios.- nos permitirá acumular el fluido hídrico y desviarla.

Estructura de Captación

Bocatoma

Estructura de Conducción

Desarenador- canal

Estructura de Carga

Cámara de carga – tubería de presión

Estructura de Sostén

Apoyos- anclajes de tubería

Infraestructura de Descarga

Canal – tubería de descarga

3.1. EVALUACIÓN DE LA PRESA DE CONTROL

3.1.1. ASPECTOS GENERALES

El aprovechamiento de los saltos de agua tiene lugar, no por la velocidad de esta sino por la presión que puede aprovecharse y obtenerse conduciendo a un punto elevado en relación con la altura de la toma de aguas, donde desciende para obtener en su caída del trabajo aprovechable, para utilizar mejor la potencia teórica de salto. Es preciso evitar toda pérdida útil de energía procurando un movimiento del agua tan regular en calma posible, creando al propio tiempo el salto de un modo racional con criterio.

3.1.2. CLASIFICACIÓN DE PRESAS

Las presas se clasifican en:

- Por su forma, dependiendo a su diseño
- Por el tamaño
- Por el potencial de peligro que pueda tener

a. Por su forma.

Presa de derivación.- El nivel normal de agua de embalse es creado por un azud de poca altura. El espesor de lámina de agua permite penetrar, por una compuerta Asia un canal, por lo discurre el agua en la forma tranquila y con un diseño a las leyes de la hidráulica. En las cuales los azudes suelen llevar aliviaderos para la descarga del agua sobrante, en la superficie de la propia presa.

Presa de gravedad.- Estos suelen tener respetables alturas, no solo para almacenar gran cantidad de metros cúbicos de agua, sino también por lograr mayor altura en la altura de salto. La forma clásica de su perfil es triangular.

Presa en arco cúpula.- Esta presa es poco usada, quizá debido a su apariencia, ya que presenta una curvatura en un plano horizontal, como una presa de arco; otra curvatura en un plano vertical. Estas presas son ligeras donde requieren ser establecidas en terrenos adecuados; la

forma arqueada de la planta da origen en los apoyos laterales a su fuerza muy considerable, por lo cual precisan terrenos de roca de excelente calidad.

Presa de arco múltiples y de contrafuertes.- Suelen emplearse para alturas de hasta 50 metros. En estas presas la central es muy próxima a junto a la presa. En los casos de centrales a pie de presa, las tuberías que conducen el agua de las turbinas son de escasa longitud; un elemento importante y que posee antes del término de esta conducción es la ubicación de la chimenea de equilibrio; con el propósito de evitar la sobrepresiones en la referida conducción (golpe de ariete).

b. Por su tamaño.-

Presa pequeña.- La característica que se presenta son; que posee < 1 a > 0.05 millones de m^3 de agua y su altura de cortina comprendida < 15 a > 10 m.

Presa intermedia.- La característica que presenta es; que posee ≥ 1 a < 0.05 millones de m^3 de agua; altura de cortina comprendida ≥ 15 a < 10 m.

Presa grande.- La característica que presenta es; que posee entre > 50 millones de m^3 de agua y una altura de cortina comprendida de ≥ 30 m. para todos los casos la altura de la cortina debe medirse desde el lecho natural del río hasta el nivel de la corona.

c. Por la potencia de peligro.-

Potencial bajo.- se considera el criterio de pérdida de vidas humanas, son escasas, en consideración a las pérdidas económicas que son mínimas. Estarán localizadas en zonas rurales o agrícolas, donde la falla que pudiese ocasionar.

Potencial significativa.- se considera que la pérdida de vidas son pocas. En esta categoría las estructuras serán aquellas localizadas en zona rurales, donde la falla puede dañar las construcciones de los habitantes, caminos secundarios y vías de ferrocarril o causar interrupción de servicios.

Potencial alta.- se considera que las pérdidas de vida son muchas con relación a las pérdidas económicas que son excesivos. En esta categoría las fallas que pudiesen producirse daños de consideración a desarrollos humanos de gran densidad; industrial y agricultura de importancia; asimismo cortar caminos y ferrocarriles principales. En el diseño de toda presa se deberá tomar los siguientes requerimientos mínimos.

Tomamos en cuenta la avenida de diseño

La economía en la construcción

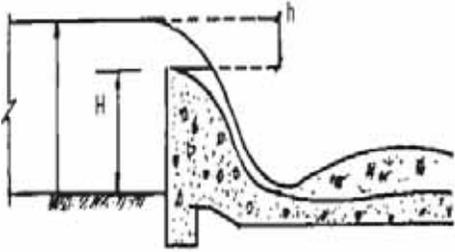
Seguridad quizás lo más importante de las antes mencionadas.

3.2. CRITERIOS PARA EL DISEÑO (RIO CHANCA)

Para el diseño de una bocatoma dependemos de los siguientes parámetros:

- Curso del rio (dependiendo del tramo si es curvo o recto).
- Tipo de terreno (pendiente del cauce, ancho del valle).
- Caudal del rio, Angulo de desvió y caudal a derivarse.
- Régimen del rio, nivel de agua mínima y máxima.
- Acarreo de materiales.
- Geología del lugar.
- Geotecnia del lugar.
- Importancia económica.

Tabla N° 26: Especificaciones Técnicas para el Diseño de Presa

ESPECIFICACIONES PARA EL DISEÑO DE UNA PRESA RIO CHANCA	
<p>ESPECIFICACIONES:</p> <p>Geología del Rio: Afloramiento Rocoso</p> <p>Caudal del Rio:</p> <p>Q Máximo (Avenida) = 2.056m³/Segú</p> <p>Q Mínimo (Estiaje) = 0.244m³/Segú</p> <p>Pendiente del Rio : 1.2%</p> <p>Ancho Local del Rio 7 m</p> <p>Caudal de Diseño (A Captar) $Q = 0.224$ m³/Segú</p>	

Especificaciones Técnicas Para El Diseño De Presa.

3.2.1. CALCULO DE LA ALTURA DE CARGA

Emplearemos la fórmula del vertedero considerando la velocidad de acercamiento de las aguas del rio al azud.

$$h = \left(\frac{3}{2} * \frac{Q}{u * b * \sqrt{2 * g}} \right)^{\frac{2}{3}} \dots \dots \dots 2.11$$

Dónde:

Q = caudal máximo del rio (avenida) = 2.056 m³/seg.

u = coeficiente del vertedero según la forma de la cresta = 0.60

h = altura de la carga hidráulica o tirante sobre la cresta del vertedero (en metros)

v = velocidad de acercamiento del rio (1.29 m/s)

b = ancho del rio (7 m).

Remplazando tenemos:

$$h = 0.301m$$

3.2.2. CALCULO DE LA VELOCIDAD DEL AGUA SOBRE LA CRESTA

$$Q = A * V \dots \dots \dots 2.12$$

Dónde:

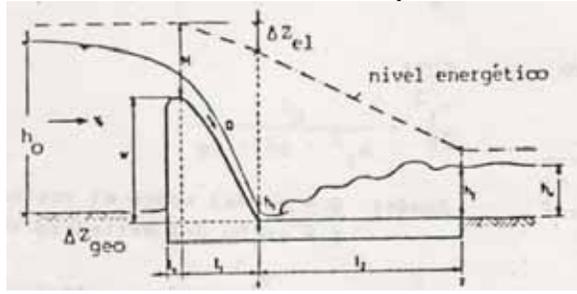
$$A = b * h_0 \dots \dots \dots 2.13$$

Para el caudal de avenida 2.056 m3/seg, una velocidad de 1.29 m/seg con un ancho de 7 m Este caudal máximo tomado garantiza que la sección principal ubicada delante del vertedero garantiza un paso de agua completa para la máxima avenida situación que se da muy pocos días al año y es crítica.

$$h_0 = \frac{Q}{V * b} \dots \dots \dots 2.14$$

$$h_0 = 0.23m$$

Ilustración 23: Estructura De Captación Medidas



Fuente: Mediciones de Estructura de Captación

La altura de coronación w resulta de restar el nivel de aguas arriba máxima h_0 menos la altura h hallada:

$$W = h_0 - h = 0.23 - 0.301 = 0.071 \text{ metros}$$

Formula de vertedero

$$h_1 = h + w - \frac{Q^2}{h_1^3 * b^2 * 2 * g} * 1.1 \dots \dots \dots 2.15$$

Dónde:

$$Q = 2.056 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$b = 7m$$

$$W = 0.071m$$

Obtenemos una ecuación de 3er grado:

$$h1^3 - 0.372h1^2 + 0.00483 = 0$$

Hallando nos da que $h1 = 0.14628$ m.

Para el nivel de agua $h2$:

Para $h2$ al tirante $h1$ se calcula en función de nivel de tirante $h1$ debe de coincidir con el nivel del colchón amortiguador.

$$h2 = -\frac{h1}{2} + \sqrt{\frac{h1^2}{4} + \frac{2 * Q^2}{g * b^2 * h1}} \dots \dots \dots 2.16$$

Para las condiciones anteriores hallamos el valor de $h2 = 0.2812$

Determinamos el colchón de amortiguación.

Si se define que el vertedero contara con un colchón de amortiguador sin umbral y será construido con concreto vaciado. Para $F1$ contra la relación $L2/h1$ de dimensiones recomendadas y nuestra relación de cálculo será:

$$F1 = \frac{Q}{b * h1 * \sqrt{g * h1}} \dots \dots \dots 2.17$$

Hallamos que $F1=1.67$ donde corresponde a una relación de $L2/h1=40$, de donde

$$L2=h1*7= 0.14628*40=5.8512m$$

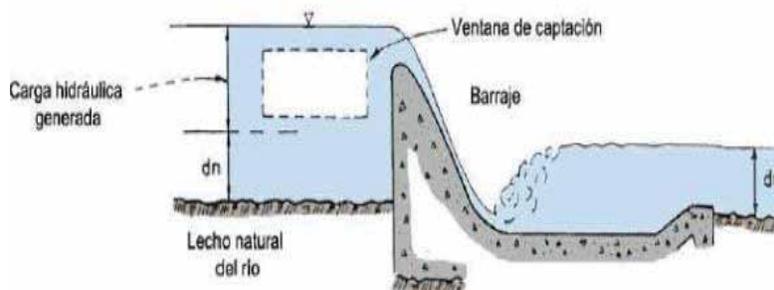
3.2.3. VENTANA DE CAPTACIÓN

Se puede efectuar el cálculo como si se tratara de un vertedero y que sobre la cresta debe discurrir el caudal de diseño de m^3/seg . Las dimensiones se pueden calcular a partir de la fórmula de Francis:

Dónde:

Nuestra ventana de captación tendrá una medida de 0.75×0.80 metros

Ilustración 24 ventana de captación



Fuente: Especificaciones Teóricas De Barraje

3.3. CRITERIOS PARA EL DISEÑO (RIO LLACTABAMBA)

Para el diseño de una bocatoma dependemos de los siguientes parámetros:

- Curso del río (dependiendo del tramo si es curvo o recto).
- Tipo de terreno (pendiente del cauce, ancho del valle).
- Caudal del río, Angulo de desvío y caudal a derivarse.
- Régimen del río, nivel de agua mínima y máxima.
- Acarreo de materiales.
- Geología del lugar.
- Geotecnia del lugar.
- Importancia económica.

Tabla N° 27: Especificaciones Técnicas para el Diseño de Presa

ESPECIFICACIONES PARA EL DISEÑO DE UNA PRESA PARA EL RIO LLACTABAMBA	
<p>ESPECIFICACIONES:</p> <p>Geología del Río: Afloramiento Rocoso</p> <p>Caudal del Río:</p> <p>Q Máximo (Avenida) = 2.547m³/Segú</p> <p>Q Mínimo (Estiaje) = 0.225m³/Segú</p> <p>Pendiente del Río : 1.5%</p> <p>Ancho Local del Río 7 m</p> <p>Caudal de Diseño (A Captar) $Q = 0.225$ m³/Segú</p> <p>Caudal de captación chanca 0.224m³/seg</p>	

Especificaciones Técnicas Para el Diseño de Presa.

3.4. CALCULO DE LA ALTURA DE CARGA

Emplearemos la fórmula del vertedero considerando la velocidad de acercamiento de las aguas del río al azud.

$$h = \left(\frac{3}{2} * \frac{Q}{u * b * \sqrt{2 * g}} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Dónde:

Q= caudal máximo del río (avenida) = 2.771m³/seg.

u = coeficiente del vertedero según la forma de la cresta = 0.60

h = altura de la carga hidráulica o tirante sobre la cresta del vertedero (en metros)

v = velocidad de acercamiento del río (1.41 m/s)

b = ancho del río (7 m).

Remplazando tenemos:

$$h = 0.37m$$

3.4.1. CALCULO DE VELOCIDAD DEL AGUA SOBRE LA CRESTA

$$Q = A * V$$

Dónde:

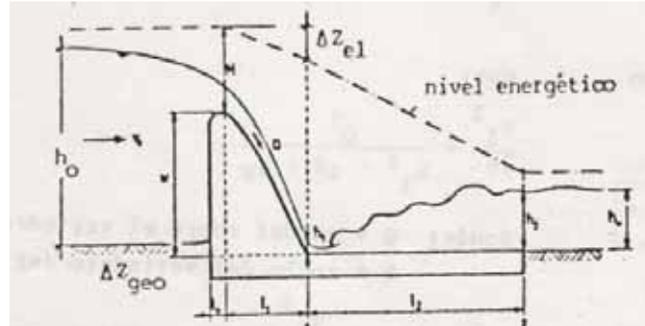
$$A = b * h_0$$

Para el caudal de avenida 2.771 m³/seg, una velocidad de 1.41 m/seg con un ancho de 7 m Este caudal máximo tomado garantiza que la sección principal ubicada delante del vertedero garantiza un paso de agua completa para la máxima avenida situación que se da muy pocos días al año y es crítica.

$$h_0 = \frac{Q}{V * b}$$

$$h_0 = 0.28m$$

Ilustración 25: Diseño De Presas Medidas



Fuente: Especificaciones Teóricas Para el Diseño de Presa. Fuente ITDG PERU.1995

La altura de coronación w resulta de restar el nivel de aguas arriba máxima h_0 menos la altura hallada:

$$W = h_0 - h = 0.28 - 0.37 = 0.09 \text{ metros}$$

Para el cálculo del tirante h_1 : nivel del lecho del río podemos determinar el tirante (nivel) del agua h_1 en el inicio de la plataforma amortiguadora.

Formula de vertedero:

$$h_1 = h + w - \frac{Q^2}{h_1^3 * b^2 * 2 * g} * 1.1$$

Dónde:

$$Q = 2.771 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$b = 7 \text{ m}$$

$$W = 0.09 \text{ m}$$

Obtenemos una ecuación de 3er grado:

$$h_1^3 - 0.46h_1^2 + 0.0088 = 0$$

Hallando nos da que $h_1 = 0.17604 \text{ m}$

Para el nivel de agua h_2 :

Para h_2 al tirante h_1 se calcula en función de nivel de tirante h_1 debe de coincidir con el nivel del colchón amortiguador.

$$h_2 = -\frac{h_1}{2} + \sqrt{\frac{h_1^2}{4} + \frac{2 * Q^2}{g * b^2 * h_1}}$$

Para las condiciones anteriores hallamos el valor de $h_2 = 0.3469$ m.

Determinamos el colchón de amortiguación.

$$F_1 = \frac{Q}{b * h_1 * \sqrt{g * h_1}}$$

Hallamos que $F_1=1.711$ donde corresponde a una relación de $L_2/h_1=40$, de donde

$$L_2=h_1*40= 0.17604*40=7.0416\text{m}$$

3.4.2. VENTANA DE CAPTACIÓN

Se puede efectuar el cálculo como si se tratara de un vertedero y que sobre la cresta debe discurrir el caudal de diseño en m^3/seg . Las dimensiones se pueden calcular.

Dónde:

Nuestra ventana de captación tendrá una medida de 0.75×0.85 metros

3.5. CANAL DE ADUCCIÓN

La mini central hidroeléctrica de urpay cuenta con un canal de aducción construido que se encuentra en regular estado y en tramos de captación se encuentra en mal estado el canal requiere un reacondicionamiento general.

En donde reacondicionaremos con material que garanticen la conducción del fluido y reconstrucción de los puntos de captación con el reacondicionamiento respectivo. Actualmente no son utilizadas ni por riego porque la zona donde

Se encuentra empinada y donde no existe poca actividad agrícola en la cual mostraremos en las siguientes vistas.

Por razones académicas se realizara un análisis un rediseño y verificación de las condiciones para el uso del canal de agua motriz, así mismo efectuaremos una verificación de sus dimensiones y capacidad de conducción utilizando por el programa de H Canales y una nueva aplicación que nos será útil la aplicación de hidro-1 para un cálculo rápido en obra.

Para le cálculo y diseño debemos tener en cuenta las siguientes condiciones:

- Tipo de canal.
- El material de construcción del canal.
- La pendiente que debe tener el canal.

El diseño ideal del canal de aducción está basado en cinco principios básicos:

- La velocidad del agua debe ser lo bastante alta como para asegurar que los sólidos en suspensión no se asienten en el fondo del canal restando la sección del canal y limitando el caudal.
- La velocidad del agua en el canal debe ser bastante bajo como para asegurar que no se erosione sus paredes laterales y en el fondo del canal.
- El desnivel en todo el canal debe ser reducido.
- El canal debe ser duradero y confiable, libre de sedimentos y no erosionables.
- Su costo de construcción y mantenimiento debe ser mínimo.

La ecuación de continuidad, el caudal Q es una función de la velocidad de escorrentía y de área de la sección transversal.

$$Q = V * A$$

Dónde:

Q = caudal en m³/seg.

A = sección transversal en m²

V =velocidad media en m/s

La velocidad a su vez, depende de la inclinación del fondo del canal (s) y del radio hidráulico del canal (R), así como el material constructivo del fondo y de las paredes del canal. El material constructivo es considerado por un coeficiente de rugosidad K. propuesta por el “*Ingeniero Irlandés Robert Manning en 1889*” – *Albert Strickler 1887-1963*:

$$V = K_s R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \dots \dots \dots 2.18$$

Dónde:

R= radio hidráulico.

Ks=coeficiente de rugosidad

S=inclinación

$$R = \frac{A \text{ seccion trasverzal}}{P \text{ perimetro mojado}} \dots \dots \dots 2.19$$

El coeficiente Ks para los diferentes materiales constructivos de canales está indicado en la tabla siguiente.

RUGOSIDAD KS

Es el grado de espesor que tiene el material con el cual está constituido el canal, el agua al momento de pasar por el canal pierde energía en el procesos del deslizamiento por la paredes y el lecho, mientras más rugoso es el material del canal habrá perdidas y requeriremos de mayor pendiente (S), o desnivel entre la entrada y la salida. “*Ingeniero Irlandés Robert Manning en 1889*”

Tabla N° 28: Coeficiente De Rugosidad

COEFICIENTE DE RUGOSIDAD K_S EN LA FÓRMULA DE MANNING- STRICKLER PARA CANALES DE CONCRETO		
ÍTEM	DENOMINACIÓN	K
1	Enlucidos con mortero de cemento (liso)	100
2	Entero enlucido con cemento	90-95
3	Concreto cuidadosamente elaborado (liso)	90
4	Concreto liso, hecho a base de encofrado metálico	90-100
5	Encofrado exacto; enlucido limpio; concreto liso con alto contenido de cemento	80-90
6	Concreto a base de encofrado de madera, sin enlucir	65-70
7	Concreto compactado con superficie limpia	60-65
8	Canalones de concreto	50-60
9	Revestimiento de concreto grueso	55

Coeficiente Para Canales de Concreto Para el Grado de Perdida de Fricción Dependiendo de la Rugosidad. Fuente ITDG PERU.1995

El procedimiento del cálculo se efectuara relativamente:

- Se escoge el perfil del canal hidráulico más favorable. Siendo conocido el caudal Q . Se determinan las inclinaciones de los taludes del canal de acuerdo a las condiciones existentes del suelo, y se escogen la velocidad máxima permisible.
- Con estos valores se calcula las dimensiones geometrías del perfil del canal.
- La velocidad de escorrentía efectivamente existente en el canal se lo comprueba mediante la fórmula de Manning – strickler:

$$V_{existente} = K_S R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} V_{maximo}$$

Con la velocidad máxima

- Cuando la V existe $\gg V$ máx., el canal debe ser revestido. Con la velocidad máxima V máx. Admisible para el tipo de revestimiento se debe averiguar nuevamente las dimensiones del canal y efectuar la prueba correspondiente.

Con los valores conocidos de S, R y Ks, se puede determinar gráficamente de la velocidad existente mediante la figura 2.9 y el caudal Q a descargarse mediante los valores de V y A.

3.5.1. PROGRAMA H CANALES

El Software HCANALES, fue desarrollado en el Departamento de (Ingeniería Agrícola del Instituto Tecnológico de Costa Rica), y permite efectuar el cálculo de características de los canales de conducción de agua y otras estructuras hidráulicas, que son de mucha utilidad para el presente trabajo

Los parámetros hidráulicos que interviene en la aplicación del siguiente software son los siguientes:

Tabla N° 29: parámetros hidráulicos

<i>PARÁMETROS HIDRÁULICOS</i>	
<i>1</i>	<i>Sección de canal</i>
<i>2</i>	<i>Talud</i>
<i>3</i>	<i>Velocidad del fluido</i>
<i>4</i>	<i>Coefficiente de rugosidad</i>
<i>5</i>	<i>Ancho de la solera</i>
<i>6</i>	<i>Pendiente</i>

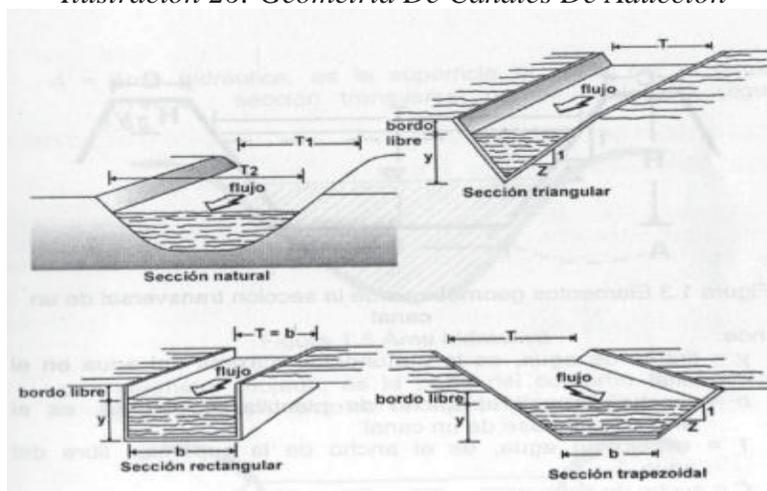
Canal de Aducción

Sección de canal-Talud-Velocidad del fluido-Coefficiente de rugosidad-Ancho de la solera-Pendiente.

3.5.2. SECCIÓN DEL CANAL

Las secciones transversales más frecuentes de los canales son:

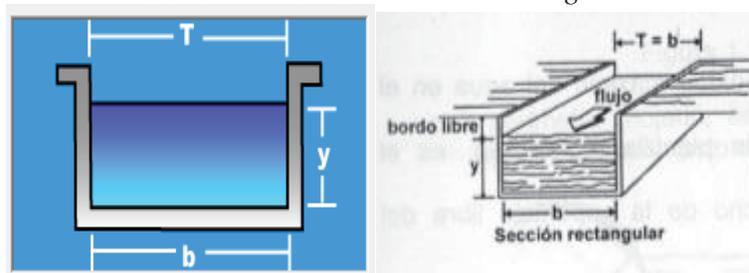
Ilustración 26: Geometría De Canales De Aducción



Canal de aducción

En la mini central hidroeléctrica de Urpay es canal de sección rectangular:

Ilustración 27: Geometría Rectangular



Canal de aducción

Y: tirante

b: ancho de solera

T: espejo del agua

3.5.3. TALUD

Como talud, se define la relación de la proyección horizontal y la proyección vertical de las paredes del canal.

La inclinación de las paredes laterales depende de la clase de terreno donde está alojado el canal, más inestable el terreno y el material, menor será el Angulo de inclinación de los taludes y mayor será z.

Recomendados para diferentes materiales

Tabla N° 30: Valores De Talud En Ríos

VALORES DE Z EXPERIMENTALES		
N°	MATERIAL	TALUD Z
1	Roca en buena condiciones	0(vertical)
2	Arcillas compactada o conglomerados	0.75
3	Arcilla con grava, suelo franco	1
4	Suelo franco con grava	1.5
5	Arena y grava, arena bien granulada	2
6	Arena fina y limo (no plástico)	3

Valores Experimentales Fuente ITDG PERU.1995

3.6. VELOCIDAD DE FLUIDO

Las velocidades en los canales, varían en un rango cuyos límites son:

- Velocidad mínima: que no produzcan sedimentación (depósitos de materiales sólidos en suspensión), valores experimentales indican que este valor mínimo es 0.30 m/s, velocidades menores, disminuyen la capacidad de conducción del canal.
- Velocidad máxima: que no produzcan erosión en las paredes y fondos del canal, valores que sobrepasan las velocidades máximas permisibles, modifican la rasantes y crean dificultades al funcionamiento de las estructuras que tenga el canal. Valores experimentales, indican velocidades máximas recomendadas, en función del material en el cual está alojado el canal.

Verificar que las velocidades de diseño, estén comprendidas entre los límites indicados en la siguiente tabla:

Tabla N° 31: Velocidades En Canal De Aducción

VELOCIDADES EN DIFERENTES TIPOS DE MATERIALES EN EL CANAL		
N°	MATERIAL	VELOCIDAD (m/s)
1	Revestido en concreto	0.33
2	En tierra	0.90
3	Mampostería de piedra y concreto	3.00

Tipos de Materiales (Fuente ITDG PERU.1995).

6.7. RUGOSIDAD

Propuesto *Kutter-Ganguilley* y *Manning Tomado de Acevedo, Acosta 1976*, el coeficiente de rugosidad n que es utilizado en la fórmula de Manning nos menciona en la siguiente tabla:

Tabla N° 32: coeficiente de rugosidad

<i>COEFICIENTE DE RUGOSIDAD</i>		
<i>N°</i>	<i>MATERIAL</i>	<i>COEFICIENTE DE RUGOSIDAD (n)</i>
1	<i>Tubos de barro para drenaje</i>	<i>0.014</i>
2	<i>Superficie de cemento pulido</i>	<i>0.012</i>
3	<i>Tubería de concreto</i>	<i>0.015</i>
4	<i>Canales revestidos en concreto</i>	<i>0.014</i>
5	<i>Superficie de mampostería con cemento</i>	<i>0.020</i>
6	<i>Acueductos semicirculares, metálicos, lisos</i>	<i>0.012</i>
7	<i>Acueductos semicirculares, metálicos corrugados</i>	<i>0.025</i>
8	<i>Canales en tierra, alineados y uniformes</i>	<i>0.025</i>
9	<i>Canales en roca, lisos y uniformes</i>	<i>0.033</i>
10	<i>Canales en roca, con salientes y sinuosos</i>	<i>0.040</i>
11	<i>Canales grabados en tierra</i>	<i>0.0275</i>
12	<i>Canales de lecho pedregoso y bordos de tierra enyerbados</i>	<i>0.035</i>
13	<i>Canales en plantillas de tierra y taludes ásperos</i>	<i>0.033</i>
14	<i>Corriente naturales limpias, rectos, sin hendeduras ni charcos profundos</i>	<i>0.030</i>
15	<i>Corrientes naturales igual al anterior, pero con algo de hierba y piedra</i>	<i>0.035</i>
16	<i>Corrientes naturales, igual al anterior, pero con menos profundas, con secciones pedregosas</i>	<i>0.055</i>
17	<i>Ríos con tramos lentos, cauce enhierbado o con charcos profundos</i>	<i>0.070</i>
18	<i>Playas muy enhierbadas</i>	<i>0.0125</i>

Coeficiente de Rugosidad (Fuente ITDG PERU.1995).

Tirante: el tirante y , es la profundidad del agua en una sección específica.

Ancho De Solera: el ancho de solera b , es el ancho de fondo del canal.

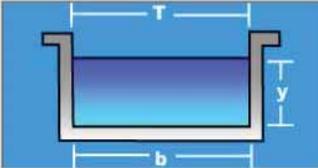
Pendiente: es la inclinación o pendiente del canal en m/m .

Calculo de sección típica de canales para la mini central hidroeléctrica de Urpay

Ilustración 28: Canal De Aducción H Canales

Lugar:	urpay - huaro	Proyecto:	M.C.H. de urpay para 400kw
Tramo:	canal rectangular	Revestimiento:	osteria de piedra y concreto

Datos:	
Caudal (Q):	0.347 m ³ /s
Ancho de solera (b):	0.80 m
Talud (Z):	0
Rugosidad (n):	0.014
Pendiente (S):	0.001 m/m



Resultados:			
Tirante normal (y):	0.5180 m	Perímetro (p):	1.8360 m
Area hidráulica (A):	0.4144 m ²	Radio hidráulico (R):	0.2257 m
Espejo de agua (T):	0.8000 m	Velocidad (v):	0.8373 m/s
Número de Froude (F):	0.3715	Energía específica (E):	0.5537 m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Subcrítico		

Calcular	Limpiar Pantalla	Imprimir	Menú Principal	Calculadora
----------	------------------	----------	----------------	-------------

Realiza la impresión de la pantalla

08:00 a.m. 17/12/2018

Cálculos de Canal de Aducción Según H canales

6.8. DESARENADOR

La Mini Central Hidroeléctrica de Urpay cuenta con un desarenador que se encuentra en mal estado de conservación. Y requiere de un reacondicionamiento y mantenimiento en general para su funcionamiento donde el costo de recuperación será mínimo.

El desarenador es una estructura hidráulica que tiene como función remover las partículas de cierto tamaño (arena y solidos que la captación con una fuente superficial permite pasar).

6.8.1. ANÁLISIS DE DIMENSIONAMIENTO HIDRÁULICO DEL DESARENADOR

Por razones académicas desarrollaremos la teoría del dimensionamiento hidráulico del desarenador para la condiciones de operación del desarenador existente de la Mini Central Hidroeléctrica de Urpay.

6.8.2. CONTENIDO DE MATERIALES EN SUSPENSIÓN

Es necesario determinar la concentración y la composición de la materia en suspensión. Las materias en suspensión se componen de partículas de diferentes tamaños de grano. En ríos de

mediana altura las partículas coloidales pueden abarcar un amplio rango granulométrico desde la fracción de limo hasta la fracción de arena:

En ríos de media altura: de 0.002 mm – 0.2 mm y 1mm de diámetro.

En ríos de pendientes fuertes: de 2 a 3 mm.

➤ La concentración se expresa de la siguiente manera:

Concentración $C = \text{Kg de materias en suspensión} / \text{m}^3 \text{ de agua.}$

$C = 0.1 - 1.0 \text{ Kg/m}^3$ ríos de terreno llano.

$C = 2.0 - 10 \text{ Kg/ m}^3$ ríos de montañas.

3.8.2.1. Determinación De Grano De Límite

Tratándose de planitas de baja altura se toma el grano limite en un valor de 0.2 mm

Determinación de la velocidad de escorrentía horizontal: la velocidad de la corriente v_d en desarenador no debe exceder un valor máximo, a fin de que el grano limite pueda depositarse, esta velocidad esta expresada por la siguiente formula:

$$v_d = a * \sqrt{d} \dots \dots \dots 2.20$$

Dónde:

$v_d =$ velocidad de escorrentía (m/seg)

$a =$ coeficiente en función de d . para $d = 0.2 \text{ mm}$ a será 44.

$d =$ diámetro de grano 0.2mm.

$$v_d = 44 * \sqrt{0.2} = 19.7 \text{ cm/seg}$$

$$v_d = 0.2 \text{ m/seg}$$

6.8.3. CALCULO DE DIMENSIONES DE DESARENADOR:

La longitud del desarenador esta dada por la siguiente ecuación:

$$L = \frac{v_d * h}{v_s - (0.04 * v_d)} \dots \dots 2.21$$

Dónde:

h = profundidad de sedimentación 0.50 (m).

L = longitud efectiva de sedimentación 3.42 (m)

v_s = velocidad vertical de sedimentación 0.03 (m/seg)

v_d = velocidad horizontal de la corriente 0.02 (m/seg)

6.9. CÁMARA DE CARGA

La Mini Central Hidroeléctrica de Urpay cuenta con una cámara de carga en regular estado en donde requerimos de un reacondicionamiento y mantenimiento para el funcionamiento así como todas las obras civiles.

La cámara de carga es el primer receptor del agua del desarenador desde donde se distribuye a la tubería forzada que la conduce hacia la turbina. Está diseñada para actuar como una reserva de agua para mantener la presión de caída en la tubería forzada y requiere una entrada continua de agua del canal para mantener su nivel máximo.

Normalmente, se instala una rejilla o coladera que cubre la zona de entrada de agua a la tubería forzada para impedir la entrada de residuos en la misma. Es esencial una limpieza general de la rejilla o coladera de la cámara de carga, ya que un caudal reducido de agua debido a una rejilla obstruida puede conducir a presión reducida en la tubería de presión. La cámara de carga actúa como un último desarenador y su diseño debe contar con una válvula de purga en la compuerta de salida para poder sacar y eliminar todo los sedimentos de la base de la misma. La mayoría de ellas cuenta también con un vertedero para desviar el exceso de agua. En algunos diseños de cámara de carga, se ha instalado una válvula de purga de aire en el punto en la que la tubería forzada se une con la cámara de presión. El propósito de esa válvula es eliminar el aire de la tubería forzada durante su puesta de funcionamiento y como precaución contra la formación de un posible vacío si, por alguna razón, la entrada de tubería forzada se bloquea

Datos y dimensiones de la cámara de carga en metros.

- Dimensiones en la cámara de carga 5.0x7.0 metros
- Ancho de la cámara de carga superior 1.00 metros
- Ancho de la cámara de carga inferior 1.84 metros
- Profundidad de sedimentación 0.50 metros
- Profundidad total de la cámara de carga 5.0 metros
- Espesor de paredes de la cámara de carga 1.00 a 1.84 metros.

6.10. CANAL DE REBOSE

Es el canal mediante el cual se descarga el agua que rebalsa de la cámara de carga, es decir al agua que no es consumida por la tubería para la generación hidráulica, esta parte excedente del agua es desviada hacia los campos de cultivo o reservorio para así poder distribuir en riego o al cauce del río.

Tiene una longitud de 20 metros hacia un reservorio.

3.11. CASA DE MÁQUINAS

El tamaño de la casa de máquinas de la Mini Central Hidroeléctrica de Urpay se ha diseñado arquitectónicamente para dar cabida a las dos turbinas Pelton, generadores y al equipo de interruptores, así como también se estima un área para oficina, depósito y servicios higiénicos.

El peso que soportaran los cimientos de la casa de máquinas será comparable al de los edificios de uso doméstico, o los utilizados industrialmente. La cimentación será en roca y en tierra según la geología de la zona, simple que no se presenten problemas de otra índole.

Para la construcción de las casas de máquinas se ha elegido un área total teniendo en cuenta el siguiente equipamiento.

- Dos grupos de turbinas Pelton de 590 KW cada uno.
- Dos alternadores de igual potencia instalados de 350 KVA
- Un área para los tableros de control y protección con un tablero de mármol.
- Un área para las celdas de salida.
- Oficinas y servicios higiénicos.
- Área de taller y herramientas
- Un área para desplazamiento de las personas herramientas y otros accesorios.
- La nave también cuenta con una instalación de grúa puente para efectos de mantenimiento de los equipos con cadenas.

Materiales con las que está construido la casa de máquina:

- Muros de adobe de 60 cm.
- Columnas de 0.80x0.80.
- El techo es con tijerales de madera y revestido con teja artesanal.
- El acabado de las instalaciones así como todas las instalaciones sanitarias y eléctricas según el Reglamento Nacional de Construcciones.

3.12. CANAL DE DESCARGA

Es el canal mediante cual se descarga el agua turbinada desde la casa de máquinas hasta el río principal. Normalmente el canal es abierta.

La determinación del gradiente del canal, la sección del canal es de preferencia rectangular y con paredes de piedra con concreto el diseño es normalmente al canal de conducción del agua.

3.13. OBRAS DE CAÍDA O SOPORTE

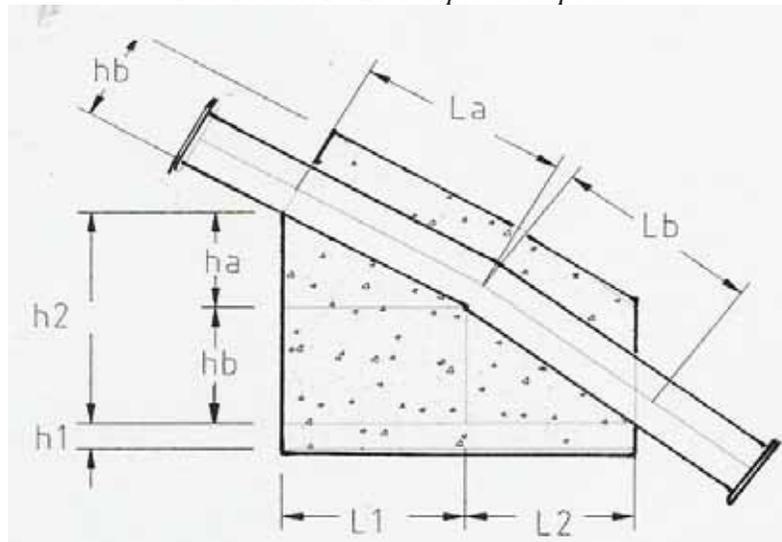
Los soportes de concreto armado, cumple con la función básica de dar el peso necesario para contrarrestar las fuerzas producto del peso total, la tubería más el agua; podrían hacer que la tubería se mueva o haga correr peligro de romperse.

Apoyo fijos o anclaje

Son bloques de concreto que envuelven a la tubería de presión con el propósito de mantener fija, evitar los movimientos laterales de la tubería en la tierra, en su ubicación se toma en consideración los cambios de dirección, en los que se ubican los codos, estos esfuerzos que se originan por el cambio de dirección al flujo del agua debe ser absorbidos por dichos soportes, caso contrario se generara inestabilidad o rotura del mismo. Suele colocarse cintas metálicas; ya sean fijas o empernadas, sujetadas al zócalo del soporte, para evitar que las fuerzas verticales que se presentan al paso del agua en las pendientes pronunciadas.

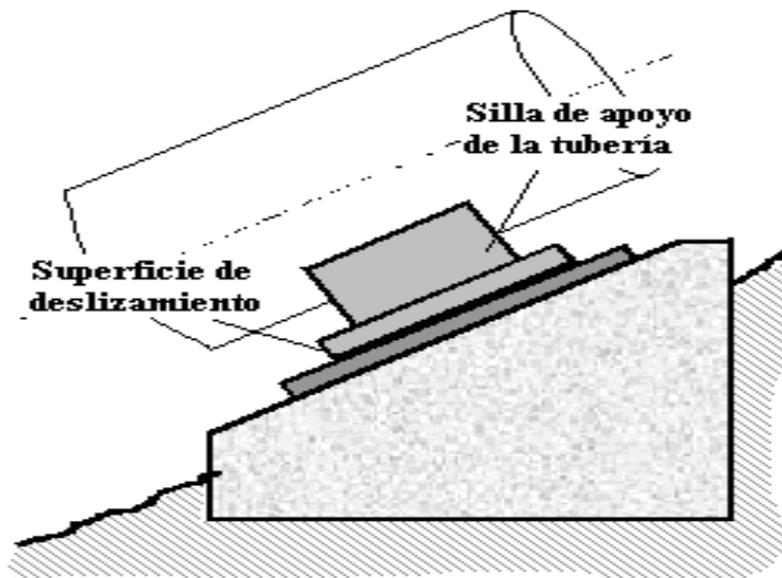
En el caso de Mini Central Hidroeléctrica de Urpay dado que la tubería mide un diámetro de 0.75 metros de diámetro y un largo de una tubería de 11.52 metros unidos en varios tramos tenemos apoyo y anclajes de concreto de una dimensión de 3 m de ancho y una altura de 3.50 m y un Angulo de 2.45 metros para el agarre y sostén y estabilidad de la tubería para evitar rupturas y movimientos en pleno funcionamiento.

Ilustración N°29 bloque de soporte



Bloque De Soporte Para Tubería Forzada Fuente ITDG PERU.1995

Ilustración N°30 sillas de descanso



Sillas de Descanso de Concreto Para Tubería Forzada Carga ITDG Peru.1995

CAPITULO IV

OBRAS MECÁNICAS

4. INTRODUCCIÓN

La Mini Central Hidroeléctrica de Urpay conto con equipamiento electromecánico cuando prestaban servicios. Actualmente solo se encuentra con la tubería de presión que está instalada con los dos grupo hidráulicos que son la turbinas Pelton y con las válvulas y llaves principales donde efectuamos el rediseño y el reacondicionamiento para cada componente mecánico.

Las obras mecánicas, corresponden al diseño y selección de los quipos mecánicos que interviene en la central de generación hidráulica, en este capítulo es de especial interés de nuestro trabajo porque nos corresponde la parte mecánica.

- Tubería de presión
- Válvulas principales de ingreso y cierres
- Turbina hidráulica
- Accesorios
- Puente grúa

4.1. PARÁMETROS DE DISEÑO

Mediante los cálculos en los capítulos anteriores obtenemos los resultados y parámetros para la mini central hidroeléctrica de Urpay que utilizaremos para los nuevos cálculos.

Tabla N° 33: Parámetros

PARÁMETROS DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE URPAY		
Caudal De Diseño	0.347	m ³ /seg
Altura Bruta	188.95	m
Altura Neta	184.36	m
Potencia	404	kw
Equipamiento 2 Turbinas Pelton	210	kw

Parámetros de la M.C.H.URPAY (Fuente Elaboración Propia).

Mediante estos parámetros de diseño efectuaremos el cálculo de ingeniería de obras electromecánicas.

4.2. POTENCIA HIDRÁULICA PARA LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE URPAY

Ya tomados todos los datos y con los cálculos respectivos trabajaremos con los caudales en tiempo de estiaje y tomado la eficiencia de las turbinas del generador y atracciones mecánicas.

Según “MATAIX, Claudio. Turbomáquinas Hidráulicas 1974”

Determinación De La Potencia Hidráulica Para La Central Hidroeléctrica De Urpay

$$P_{hidraulica} = 9.81 * Q_{diseño} * H_n \dots \dots \dots 2.9$$

$$P_{hidraulica} = 9.81 * 0.347 \text{ m}^3/\text{seg} * 185 \text{ m}$$

$$P_{hidraulica} = 629.75295 \text{ KW}$$

- Eficiencia de máquinas:
- Eficiencia de la turbina 0.80%
- Eficiencia de la transmisión mecánica 0.80%
- Eficiencia del generador 0.90%

$$P_{neta} = 9.81 * n_{turbina} * n_{generador} * Q_{neto} * H_n \dots \dots \dots 2.10$$

$$P_{neta} = 9.81 * 0.80 * 0.90 * 0.347 * 185$$

$$P_{neta} = 453.422124 \text{ KW}$$

Esta Seria Nuestra Potencia De Generación

4.3. TUBERÍA DE PRESIÓN

Una tubería de presión, es un conducto cerrado entre una turbina, bomba o válvula y el primer espejo de agua, ubicada agua arriba. El conducto forzado se desarrolla sobre una ladera de características parcialmente uniforme y de 34° a 35° aproximadamente de inclinación promedio.

La distancia de la tubería forzada, es mediada desde la base de la cámara de carga hacia las válvulas de compuerta de admisión y cierre.

En el caso de la mini central hidroeléctrica de Urpay existe un conducto forzado que llega a la casa de máquinas. El material constructivo de la tubería forzada es necesario que cumpla condiciones técnicas suficientes para garantizar el buen funcionamiento después del reacondicionamiento y a la rehabilitación del conducto forzado podemos citar lo siguiente:

La tubería que es de acero negro sin costura debe y es resistente a la tracción y compresión que proviene de la dilatación o contracción térmica.

La tubería forzada debe ser resistente a la corrosión y la humedad del medio ambiente, deberá de resistir a la acción corrosiva de los gases disueltos por el agua a presión o ácidos o bases que contenga el agua.

Deberá de ser suficientemente elástica para soportar, cambios bruscos de presión, involucrados al golpe de ariete.

Deberá resistir por sí mismo con auxilio de otros materiales y en forma satisfactoria, los esfuerzos debido a la presión hidrostática, golpe de ariete y flexión del tubo sobre sus apoyos, dentro de los límites recomendados del diseño.

4.4. ANÁLISIS DE RUGOSIDAD EN TUBERÍA DE ACERO.

A medida que el fluido fluye por una turbina, ocurre pérdidas de energía que son generadas por la fricción de rozamiento que se producen al estar en contacto el fluido con las paredes rugosas

del tubo por el cual es transportado el fluido. Así mismo se produce pérdidas que son causada a sus veces por un conjunto de accesorios tales como ángulos en tubería codos y válvulas.

4.5. PROCEDIMIENTO PARA EL ANALES DE PÉRDIDAS EN TUBERÍA

Para el procedimiento de pérdidas dividiremos en tres tramos la tubería para el analizar.

- primero tubo recto
- segundo uno con accesos de válvulas de compuerta
- tercero en tubería con ampliación y reducción de la sección

Por la que mediante una inspección a cada tramo de la tubería vieja determinaremos la rugosidad en la que se encuentra mediante un rugosímetro para tubería verticales + horizontales.

Como también el tiempo de antigüedad de la tubería realizare el análisis mediante las tablas N° 34, 35,36 del capítulo VI

4.6. SELECCIÓN, REDISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO HIDRÁULICO PARA LA TUBERÍA FORZADA.

La tubería de presión es la que unirá la estructura de la cámara de carga con las turbinas hidráulicas.

Por El Método De Diagrama De Moody. “Lewis ferry Moody 1944”

El método de Moody es aplicado solo en fluidos, como para el agua, que nos permitirá el movimiento de las turbinas.

Este método es para las pérdidas de carga producida por la fricción en la tubería y por codos en ángulos, sobre niveles y válvulas de apertura y cierre.

Datos Básicos Para Selección Y Diseño De La Tubería De Presión O Forzada

Disponemos del perfil de la caída:

- Salto bruto = $H_b = 195$ metros
- Caudal de diseño = $Q_d = 0.34$ metros /segundo

- Longitud de la tubería instalada = $L = 420$

4.6.1. SELECCIÓN DEL MATERIAL DE LA TUBERÍA FORZADA

Para la tubería de alta presión es esencial escoger el material más adecuado, puesto que un largo conducto con su alto costo incide considerablemente en la inversión total del conjunto de la obra. La tubería de presión se puede denominar de alta presión cuando se cumple la ecuación mostrada caso contrario se denomina de baja presión.

$$\frac{Hb}{(Qd)^1} \geq 100 \dots \dots \dots 2.22$$

Dónde:

Hb = altura bruta de 188.95 m

Qd = caudal de diseño de 0.34 m³/seg

Remplazando los valores en la ecuación nos da un valor de $278 \geq 100$ nos indica que es una instalación de gran caudal pero de baja presión, los material son aptos para ser aplicados en tubería de presión.

- Acero fundido (fundición centrifugada)
- Acero estructural laminado
- Hierro dúctil fundido centrifugado

En este caso la mini central hidroeléctrica cuenta con una tubería

4.6.1.1. Numero De Tuberías

a. Numero de tuberías. El número de tuberías depende del número de grupos a instalar en nuestro caso de la mini central hidroeléctrica de urpay tenemos dos grupos que son alimentados por la misma tubería.

En este caso en la Mini Central se encuentra una tubería fabricado con plancha. (Rolada y soldada).

- ASME sección VIII, material de acero ASTM A-36
- ASTM A 283 GR c hasta 16 mm de espesor
- ASTM A 283 GR A o B
- ASTM A 283 GR 55 o 60

Plancha de acero estructural laminado en caliente calidad EC-24

- Tensión de Fluencia mínima 35,000 lb/pulg²
- Tensión de Rotura mínima 60,000 lb/pulg²

b. Velocidad del fluido hídrico en tubería. La velocidad dentro de la tubería no debe pasar lo 7 m/s. el factor decisivo para el cálculo óptimo del diámetro de la tubería es el factor económico el costo es más fuerte aun si es de acero.

Existen dos costos para definir el diámetro óptimo:

- Costo del material
- Costo por pérdida de energía

4.7. PERDIDA EN LA ENTRADA DE AGUA EN LA TUBERÍA

El agua se encuentra en reposo en la cámara de carga, para ingresar en la tubería necesita en primer lugar adquirir una velocidad para lo cual calcularemos la velocidad

$$V = \frac{4 * Q}{\pi * D^2} \dots \dots \dots 2.23$$

Donde la velocidad del agua en la tubería es de 1.802 m/s.

Selección del diámetro adecuado de la tubería de urpay

En la que calcularemos el diámetro de la tubería exterior y espesor.

$$D = 1.13 * \sqrt{\frac{Q_d}{v}} \dots \dots \dots 2.24$$

Dónde:

D: diámetro (m)

Qd: caudal de diseño

V: velocidad dentro del tubo (m/s).

Tubería a instalar

Tipo de tubería: un tubo rolado y soldado

Diámetro interior: 0.493 m.

Velocidad de régimen 1.802 m/seg

4.7.1. CALCULO DEL ESPESOR DEL TUBO (T)

Para determinar el espesor de la tubería determinaremos los factores de corrección Necesaria, según la tubería de presión elegida.

Tabla N° 34: coeficiente de soldadura

<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>Junta de soldaduras</i>	<i>Plancha rolada y soldada</i>	<i>Por corrosión</i>
<i>NOTACIÓN</i>	<i>Kjs</i>	<i>Krs</i>	<i>Kc</i>
<i>VALOR</i>	<i>1.1</i>	<i>1.2</i>	<i>1.0mm(por cada década de uso)</i>

Coficiente De Soldadura (fuente).

Calculamos el espesor de la tubería con la siguiente ecuación:

$$e = \left[\frac{1.5 * H_b * D}{2 \left(\frac{S_y}{f \cdot s} \right) / K_s} \right] \dots \dots \dots 2.25$$

Dónde:

Hb: Altura bruta m

D: diámetro exterior m

Fs: factor de servicio

Sy: límite de fluencia del material kg/mm²

e = espesor de la tubería

Factor de servicio: 1.7 con certificado de recepción

Factor de servicio: 2.0 sin certificado de recepción

Calculamos la celeridad de la onda (a)

$$a = \frac{\sqrt{\frac{\varepsilon}{\delta}}}{\sqrt{1 + \frac{\varepsilon * D}{E * e}}} \dots \dots \dots 2.26$$

Dónde:

ε : Módulo de elasticidad del agua

E: módulo de elasticidad del metal

δ : Densidad del agua

D: diámetro interior de la tubería

e: espesor de la pared de la tubería

Hallaremos la celeridad de propagación de la onda a la largo de la tubería

$$\frac{a}{\left(1 + \frac{\varepsilon}{E} * \frac{D}{e}\right)^{\frac{1}{2}}} \dots \dots \dots 2.27$$

a: celeridad de propagación del sonido en el agua (m/seg)

ε : Módulo de elasticidad del agua (kg/mm²)

E: modulo me elasticidad del acero (kg/mm²)

D: diámetro interno de la tubería (m)

e: espesor mínimo

4.7.2. VERIFICACIÓN DEL ESFUERZO DEL TUBO

Esfuerzo longitudinal

El esfuerzo longitudinal que soporta el tubo está dado por:

$$S_x = \frac{P * D}{4 * t} \dots \dots \dots 2.28$$

Dónde:

S_x: esfuerzo longitudinal en el tubo (kg/mm²)

P: presión total de trabajo (m.c.a)

D: diámetro de la tubería (m)

t : espesor de tubo (mm)

Esfuerzo tangencial

$$S_y = \frac{P * D}{2 * t} \dots \dots \dots 2.29$$

Dónde:

S_y: esfuerzo tangencial del tubo (kg/mm²)

P: presión total de trabajo (m.c.a)

D: diámetro de la tubería (m)

t: espesor de tubo (mm)

Estos resultados podemos apreciar en la hoja *Excel* de cálculo hidráulico de la Mini Central Hidroeléctrica.

4.7.3. CALCULO DE PERDIDA DE ENERGÍA O POR FRICCIÓN EN TUBERÍA DE ACERO

La pérdida de energía es debido a la fricción en la tubería y sus accesorios siendo de mayor importancia la pérdida por fricción en la tubería en al calcularemos mediante la siguiente ecuación.

$$hf_1 = f * \frac{L * V^2}{D * 2g} \dots\dots\dots 2.30$$

Dónde:

hf = pérdida de carga (atura o energía) por ficción en la tubería (m)

L= longitud de la tubería (m)

D= diámetro de la tubería (m)

V=velocidad del agua dentro de la tubería (m/s)

g= aceleración de la gravedad (9.81 m/s).

f= coeficiente de rugosidad determinada por el material y estado de la tubería

Para f aplicaremos la siguiente ecuación

$$hf_1 = \frac{124.6n^2}{D^{0.333}} \dots\dots\dots 2.31$$

Tabla N° 35: Valores De N Para Aceros

N°	VALORES DE "n"		
1	n	0.012	tubería en perfecto estado superficial
2	n	0.013	tubería en buen estado superficial
3	n	0.014	tubería en regular estado superficial
4	n	0.015	tubería en mal estado

Valores de N Para Aceros (fuente: Pch Nozaki Valores de "N" Para Tuberías de Acero Comerciales)

Para los valores de "f" para la fórmula de DARCY

Tabla36: Diámetro Y Velocidades Para Tuberías

TUBERÍA DE ACERO												
					TUBERÍA NUEVA				TUBERÍA VIEJA			
N°	D en pulg	D en mm	D en cm	D en m	VELOCIDAD EN TUBERÍA m/s							
					0.5	1.5	3.0	6.0	0.5	1.5	3.0	6.0
1	8"	203.2	20.32	0.2032	0.025	0.023	0.021	0.019	0.045	0.045	0.045	0.045
2	10"	254	25.4	0.254	0.022	0.020	0.019	0.019	0.040	0.040	0.040	0.040
3	15"	381	38.1	0.381	0.020	0.018	0.017	0.017	0.036	0.036	0.036	0.036
4	38"	965.2	96.52	0.9652	0.018	0.016	0.015	0.015	0.032	0.032	0.032	0.032
5	48"	1219.2	121.92	1.2192	0.015	0.013	0.013	0.013	0.026	0.026	0.026	0.026

Fuente: Manual De Mini Y Micro Centrales Hidroeléctricas: Una Guía Para El Desarrollo De Proyectos

En la práctica se puede tomar $f = 0.036$ considerando como tubería a vieja. Para una tubería de diámetro de 22 pulg – 0.493 m.

Donde la pérdida en energía en tubería de acero es:

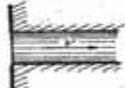
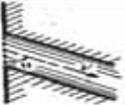
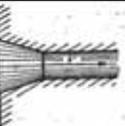
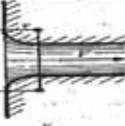
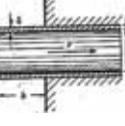
$$hf_f = 4.32 \text{ m.}$$

4.7.4. PERDIDA EN ENTRADA DE AGUA EN TUBERÍA

El agua se halla en reposo en la cámara de carga, para ingresar en la tubería necesita en primer lugar adquirir una velocidad que equivalga a la altura de columna de agua capaz de engendrar dicha velocidad.

La pérdida propiamente dicha por la entrada de agua en la tubería, depende de la forma de la embocadura que da origen a una contracción. El coeficiente de pérdida de carga por dicho concepto y con el extremo de la tubería en este caso veremos los tipos de entrada:

Tabla37: Coeficiente Para Tipos De Entrada En Tubería

Tipo de entrada																
N°	Tipo	k														
1		0.5														
2		$0.5+0.3\cos\theta+0.2\cos^2\theta$														
3		0.15 a 0.25														
4		<table border="1"> <thead> <tr> <th>R/D</th> <th>K</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0.04</td> <td>0.26</td> </tr> <tr> <td>0.08</td> <td>0.15</td> </tr> <tr> <td>0.12</td> <td>0.09</td> </tr> <tr> <td>0.16</td> <td>0.06</td> </tr> <tr> <td>>0.2</td> <td><0.03</td> </tr> </tbody> </table>	R/D	K	0	0	0.04	0.26	0.08	0.15	0.12	0.09	0.16	0.06	>0.2	<0.03
R/D	K															
0	0															
0.04	0.26															
0.08	0.15															
0.12	0.09															
0.16	0.06															
>0.2	<0.03															
5																

Tipos de Entrada Datos de Coeficientes (fuente: Manual De Mini Y Micro Centrales Hidroeléctricas: Una Guía Para El Desarrollo De Proyectos)

Tomaremos la figura 2 ya que en la entrada de la tubería es un Angulo de 56°.donde k = 0.9

$$hf_1 = \frac{(k * V^2)}{(2 * g)} \dots \dots \dots 2.32$$

Dónde:

hf1 = perdida en la entrada en m

f = perdida en la entrada en m

K = coeficiente de perdida en entrada 0.9

V = velocidad del agua en la tubería en m/seg

g = aceleraciones la gravedad m/seg

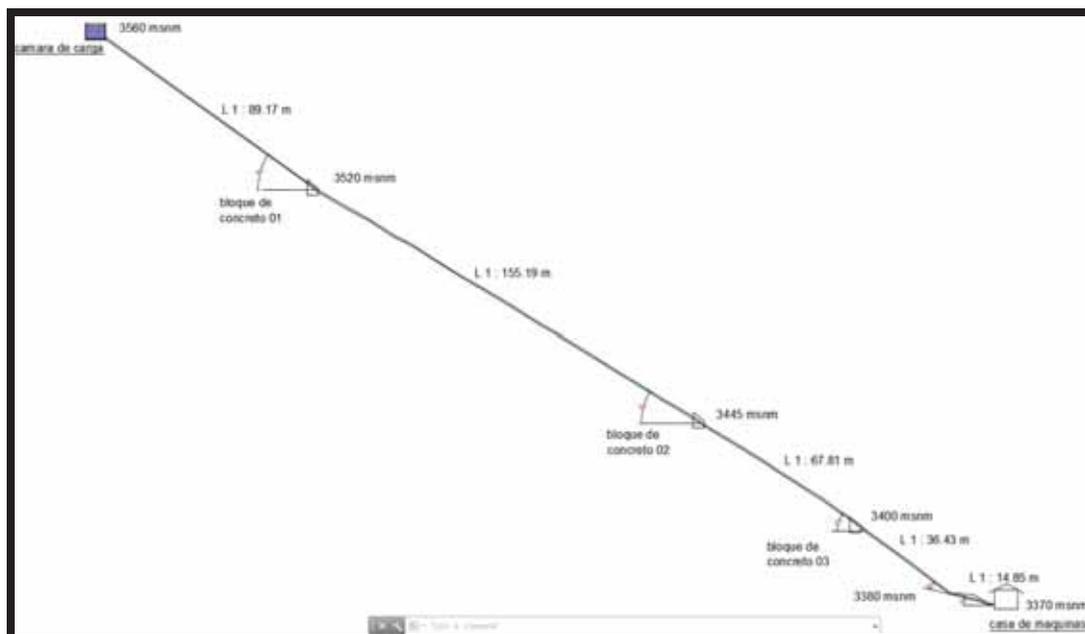
$$hf_1 = 0.148$$

4.7.5. PERDIDAS EN TUBERÍA POR TRAMO

Las pérdidas se dan en tramos de la tubería ya que es la distancia de 420 metros en los diferentes distancias tenemos pequeñas descamaciones y ángulos ya que esta tubería no es una sola está unida por bridas por la cual calcularemos.

$$hf_1 = f * \frac{L * V^2}{D * 2g}$$

Ilustración 31 medidas de tramos en tuberías



Fuente: datos tomados propios

Tabla 1 Ángulos En Tubería Forzada

TRAMOS		
N°	Longitud (m)	Ángulos
1	89.71	34°
2	155.19	30°
3	67.81	37°
4	36.43	22°
5	14.85	15°

Ángulos De Tubería Forzada (Fuente: Elaboración Propia).

$$h_1 = 0.903 \text{ m para } 89.18\text{m}$$

$$h_2 = 1.56 \text{ m para } 155\text{m}$$

$$h_3 = 0.68 \text{ m para } 67.81\text{m}$$

$$h_4 = 0.36 \text{ m para } 36.43\text{m}$$

$$h_5 = 0.14 \text{ m para } 14.85\text{m}$$

4.7.6. PERDIDAS EN REJILLA

Para impedir la entrada de cuerpos extraños que pueden ser arrastrados por un flujo de agua dentro de la tubería se utiliza como elementos de protección estructuras de rejilla formadas por un sistema de barras o solares verticales. Estas rejillas obstaculizan el flujo y producen pérdidas de energía. La fórmula propuesta por Kirschmer para este tipo de pérdidas está definida de la manera siguiente:

$$hf_1 = \frac{(k * V^2)}{(2 * g)}$$

Dónde:

hf = pérdida de la rejilla en m

k = coeficiente de pérdida

v = velocidad del agua en la tubería m/seg

g = aceleración de la gravedad en m/seg²

Identificaremos el tipo de rejilla y el espesor de las varillas y la dimensiones de la reja y el espaciamiento de varilla entre varilla con el siguiente cuadro.

Tabla 2: Perfiles Para Rejillas

N°	β	Forma
1	2.42	
2	1.83	
3	1.67	
4	1.03	
5	0.92	
6	0.76	
7	1.97	

Perfiles Para Rejilla (fuente ITDG PERU)

El coeficiente de perdida será:

$$k_r = \beta * \text{sen} \alpha * \left(\frac{d}{a}\right)^{\frac{4}{3}} \dots \dots \dots 2.33$$

$$k_r = 5.45$$

Dónde:

β = coeficiente de la forma de las barras de la rejilla 0.9.

α = Angulo de inclinación contra la horizontal 90°

d = separación entre barras 20.0 milímetros

a =espesor de la barra 10.0 milímetros

$$hf1 = 0.902$$

4.7.7. PERDIDAS EN CODOS

$$h_c = K_c * \frac{V^2}{2 * g} \dots \dots \dots 2.34$$

Dónde:

h_c = pérdidas en codos en metros.

K_c coeficiente que depende de Angulo de codo.

V = velocidad de régimen en m/seg.

$$K_c = 0.0628 \text{ m para } 15^\circ$$

$$K_c = 0.133 \text{ m para } 22^\circ$$

La pérdida de codos depende del Angulo de codo formando en el cambio de dirección, en nuestro caso la tubería tiene ángulos pequeños en tramos diferentes al final cuenta con direcciones en un Ángulos de 22° y 15° estos valores obtendremos interpolando en la siguiente tabla:

Tabla 3 Coeficiente Para Codos En Ángulos

N°	Angulo	k_c
1	10°	0.044
2	15°	0.062
3	20°	0.046
4	22.5°	0.154
5	30°	0.165
6	40°	0.268
7	45°	0.320
8	60	0.364
9	80	0.740
10	90	0.984
11	100	1.26
12	120	1.861
13	140	2.481

Coeficiente Para Codos en Ángulos (fuente ITDG PERU)

Para los Angulo de la tubería interpolando nos da:

15°-----0.062.....0.00892 m

22°-----0.132.....0.0187 m

4.7.8. PERDIDAS EN VÁLVULAS

En caso de la mini centrala hidroeléctrica de urpay utilizamos 3 válvulas de deferentes medidas para la de compuerta para la principal y para cada turbina pe algo cual utilizaremos la siguiente ecuación para determinar las perdidas.

$$h_f = K_v * \frac{V^2}{2 * g} \dots \dots \dots 2.35$$

Tabla 4: Coeficiente Para Válvulas

<i>Coeficiente Kv Para Válvulas De Compuerta Circular</i>									
<i>d/D</i>	<i>0.2</i>	<i>0.3</i>	<i>0.4</i>	<i>0.5</i>	<i>0.6</i>	<i>0.7</i>	<i>0.8</i>	<i>0.9</i>	<i>1.0</i>
<i>Kv</i>	<i>48</i>	<i>18</i>	<i>4.4</i>	<i>2.06</i>	<i>1.10</i>	<i>0.5</i>	<i>0.19</i>	<i>0.06</i>	<i>0.04</i>

Coeficiente Para Válvulas (fuente: Manual De Mini Y Micro Centrales Hidroeléctricas: Una Guía Para El Desarrollo De Proyectos)

Dónde:

h_f = perdida de carga en válvula en metros

k = coeficiente de perdida 2.06

V = velocidad de agua en el conducto m/seg

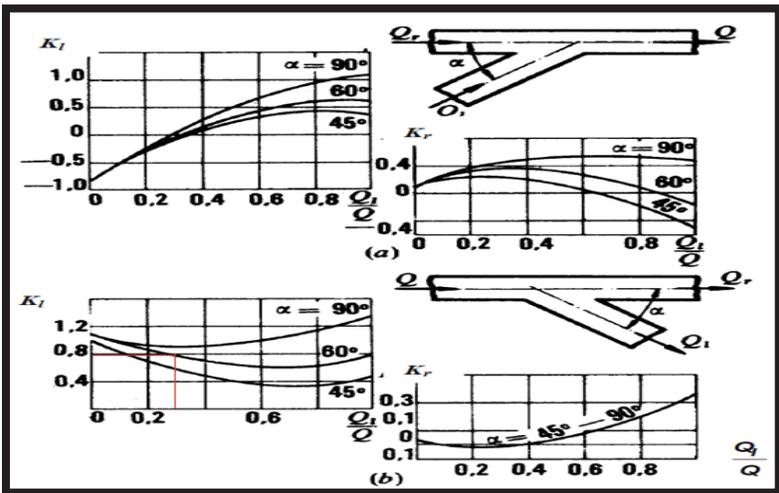
g = aceleración dela gravedad

$$h_f = 0.292 m$$

4.7.9. PERDIDAS DE CARGA EN LA TUBERÍA POR BIFURCACIÓN

Después de la válvula principal encontramos una tubería de 3 metros de la misma dimensión del conducto forzado encontramos dos tubería unidas y soldadas cada una en un Angulo de 60°. Tiene una distancia de 2 metros de la tubería 1 a la tubería 2. En la que veremos en siguiente diagrama.

Ilustración 32 pérdidas por bifurcación



Fuente: ITDG PERU

Mediante la siguiente ecuación hallaremos las pérdidas de carga por bifurcación

$$h_B = K_B * \frac{V^2}{2 * g} \dots \dots \dots 2.36$$

Dónde:

h_B = pérdida de carga por bifurcación en metros

K_B = coeficiente de pérdida por bifurcación con un Angulo de $60^\circ - 0.8$

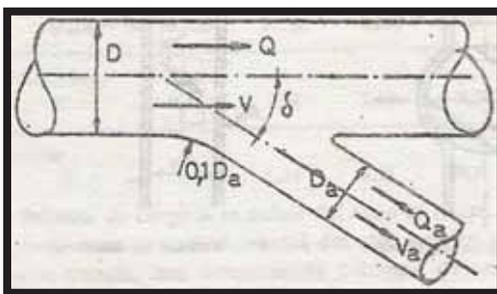
V = velocidad de agua en el conducto m/seg

g = aceleración de la gravedad 9.81 m/s^2

$$h_B = 0.113 \text{ m}$$

En nuestra mini central hidroeléctrica se encuentra que la tubería es de diferentes dimensiones para lo cual hallaremos la con la siguiente ecuación.

Ilustración 33 diagrama de bifurcación con reducción



Fuente: ITDG PERU

Tabla 5: diámetro y velocidades en tubería

Relación de caudal	$\frac{Q_a}{Q} = 0.5$
δ	60°
D_a/D	0.401
K	0.1

Diámetro y Velocidades en Tuberías (fuente).

Bifurcaciones canto afilado con ángulo de 60° determinando el coeficiente de K_B

$$h_B = \frac{(V_a^2 - V^2)}{(2 * g)} + \frac{(K_B^2 - V_a^2)}{(2 * g)} \dots \dots \dots 2.37$$

Dónde:

h_B = pérdida de carga por bifurcación en metros

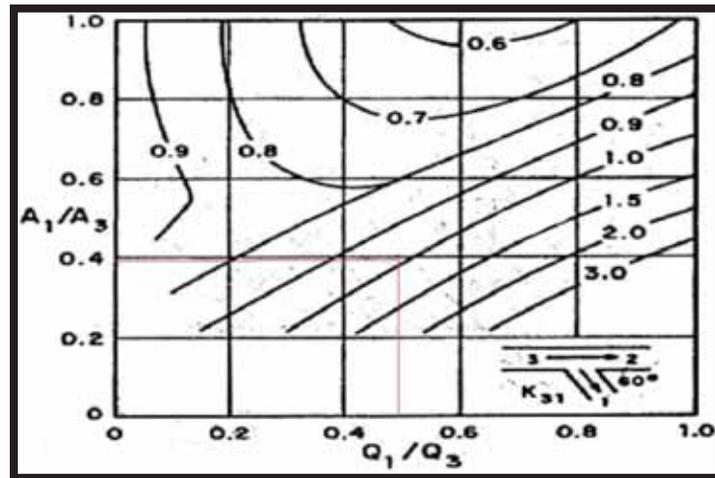
V = velocidad de agua en el conducto principal m/seg

g = aceleración de la gravedad 9.81 m/seg²

V_a = velocidad de agua en el tubo que se bifurca m/seg

k_B = coeficiente de pérdida

Ilustración 34: diámetro y velocidades en tubería



Fuente: ITDG PERU

Del cuadro anterior

Primera bifurcación:

- Angulo de inclinación $\delta = 60^\circ$
- Relación de caudales $Q_A/Q = 0.5$
- Relación de diámetros $D_a/D = 0.4$
- Coeficiente $K = 1.0$

Segunda bifurcación:

- Angulo de inclinación $\delta = 60^\circ$
- Relación de caudales $Q_A/Q = 0.5$
- Relación de diámetros $D_a/D = 0.4$
- Coeficiente $K = 1.0$

$$h_B = 0.084m$$

4.7.9. PERDIDA TOTALES

La sumatoria de todas las pérdidas $\sum h_{totales}$ presentaremos en la hoja de cálculo de dimensionamiento hidráulico donde obtendremos una pérdida total de $\sum h_{totales} = 8.91$ metros por lo tanto la altura neta H_n será 176.09 metros.

4.7.10. ESFUERZO LONGITUDINAL Y ESFUERZO TANGENCIAL

Esfuerzo longitudinal

El esfuerzo longitudinal que soporta el tubo está dado por:

$$S_x = \frac{P * D}{4 * t}$$

Dónde:

S_x = esfuerzo longitudinal en el tubo (kg/mm²)

P = presión total de trabajo (m.c.a)

D = diámetro de la tubería (m)

T = espesor del tubo (mm)

Esfuerzo tangencial

El esfuerzo tangencial de la tubería

$$S_y = \frac{P * D}{2 * t}$$

Dónde:

S_y = esfuerzo tangencial en el tubo (kg/mm²)

P = presión total de trabajo (m.c.a)

D = diámetro de la tubería (m)

T = espesor del tubo (mm)

4.7.11. DILATACIÓN TÉRMICA DE LA TUBERÍA DE PRESIÓN

Cuando se produce un cambio de temperatura todos los cuerpos sufren una alteración en una longitud. Según sea positivo o negativo dicho cambio aumentaran o disminuirán las dimensiones de la tubería.

El cálculo lo realizaremos mediante la siguiente ecuación:

$$L = L_o[1 + a(T_2 - T_1)] \dots \dots \dots 2.38$$

Dónde:

L = nueva longitud debido al cambio de la temperatura en (m)

L_o = Longitud inicial (m)

a = coeficiente de dilatación térmica (cm/cm – °C) (0.000014 para acero)

T_2 = temperatura final (°C)

T_1 = temperatura inicial (°C)

$$L = 0.047m$$

4.7.12. BRIDAS

Para las bridas el material recomendado debe ser de acero ya sea fundido o forjado de acuerdo a las siguientes normas ASTM: en las que estas estas están recomendadas con pruebas de presiones hidrostáticas.

Forjadura ASTM A 181 GRI

Planchas ASTM A 518 GR 55 o 50.

Dimensionadas las bridas de acuerdo a los requerimientos de presión de trabajo y de acuerdo al diámetro del tubo.

5. TURBINA HIDRÁULICA

Una turbina hidráulica es un mecanismo capaz de convertir energía hidráulica en energía mecánica; puede ser motrices (turbinas), o generatrices (bombas), modificando la energía total de la vena fluida que la atraviesa.

Este mecanismos lleva una o varias ruedas, (rotores o rotores), provistas de alabes, de forma que entre ellos existan un espacio libre o canales, por lo que circula el agua.

Estas turbinas se clasifican en:

- *Turbinas de Acción o Impulsión*
- *Turbinas de Reacción o Sobrepresión*

En el caso de nuestra mini central hidroeléctrica encontramos (02) unidades turbina, dos generadores, la operaciones la central está prevista para que los grupos puedan interconectarse en paralelo; para lograr la condición, la velocidad y carga de los grupos será controlada por un gobernador que actuara en caso necesario, en forma la velocidad es constante y frecuente.

Estas turbinas hidráulicas se clasifican en

- *Axiales*
- *Radiales (centrípetas y centrifugas)*
- *Mixtas*
- *Tangenciales*

5.1. TIPOS DE TURBINA

Turbinas de reacción.- son aquellas en la que el trabajo mecánico se obtiene por la trasformación de la energía cinética y de la presión que fluye a través de las partes giratorias.

- *Turbina Fourneyron*
- *Turbina Heuschel-Jonval*
- *Turbina Francis*

➤ *Turbina Kaplan*

Turbinas de acción.- son aquellas que transforman solamente la energía cinética del agua.

➤ *Turbina Pelton*

➤ *Turbina Schwamkrug*

➤ *Turbina Girard*

➤ *Turbina Michel O Banki*

5.2. CRITERIO DE SELECCIÓN DE LA TURBINA

Para determinar el equipo electromecánico de una central es preciso partir del análisis de la velocidad específica N_s que está definido como el número de revoluciones que daría el rodete de la turbina.

Calculo de la potencia en el eje de la turbina pelton (Peje) en KW.

Con un rendimiento promedio por el fabricante de 0.862.

$$Peje = P * \eta \dots \dots \dots 2.39$$

Dónde:

Peje = potencia en el eje de la turbina (257.92 kW)

P = potencia hidráulica de la central (kW)

η = rendimiento de la turbina (dado por el fabricante).

Para la velocidad angular mínima de funcionamiento de la turbina, que debe trabajar acoplada a un alternador para suministrar corriente de 60 periodos por segundo. Utilizaremos la ecuación en función a la frecuencia y número de polos

$$N = \frac{120 * f}{p} \dots \dots \dots 2.40$$

Dónde:

N = velocidad angular sincronizada del generador (900rpm)

f = frecuencia de la corriente alterna generada (60 Hz)

p = número de pares de polo del generador

Tabla N° 6: Frecuencia En Hz

<i>Frecuencia (Hz)</i>	<i>Polos</i>	<i>Velocidad Sincronizada (rpm)</i>
60	2	3600
	4	1800
	6	1200
	8	900
	10	720
	12	600
50	2	3000
	4	1500
	6	1000
	8	750
	10	600
	12	500

Frecuencia en (Hz) Fuente Tsuguo Nozaki.

Velocidad específica está dada por:

$$N_s = N * \frac{\sqrt{P}}{Hn^{\frac{5}{4}}} \dots \dots \dots 2.41$$

Dónde:

N_s = velocidad específica (24.638 rpm)

N = velocidad de rotación en RPM

H_n = salto neto en m.

P = potencia del eje de la turbina en HP (345.87).

Número específico de revoluciones de caudal o número (N_q) en rpm.

$$N_q = N * \frac{\sqrt{Q}}{Hn^{\frac{3}{4}}} \dots \dots \dots 2.42$$

Dónde:

N_q = número específico de revoluciones del caudal (7.41 rpm)

Q = caudal de diseño de la turbina (0.17)

N = velocidad de rotación en RPM

H_n = salto neto en m.

Potencia del eje de la turbina está dada por:

En esta parte calculamos para un solo grupo.

$$P = \frac{\rho * g * Q * H_n * \eta}{K} \dots \dots \dots 2.43$$

Dónde:

P = potencia al eje de la turbina (268.1169) KW

ρ = densidad del agua (1000 kg/m³)

H_n = altura neta (184.36)

η = rendimiento de la turbina 0.862

Q = caudal de gasto de agua en cada turbina (0.17m³/seg).

g = gravedad (9.81 m/seg)

K = constante de conversión (1000 w/kw)

Sumados en las dos turbinas nos da **536.23 kw**

Tabla N° 7 Tipo De Turbinas Según Rpm

ESPECIFICACIONES PRINCIPALES DE TURBINAS HIDRAULICAS							
Tipo	Turbina	Inventor Y Año De Patente	Ns (rpm, hp, m.) rpm	Q m3/seg	H m	P kw	η max
Acción	Pelton	Lester Pelton (EE.UU.) 1880	1 ch: 30 2 ch: 30-50 3 ch: 30-50 4 ch: 50-70	0.05-50	30-1800	2-300000	91
	Turgo	Eric Croudson (G.Bretaña)	60-260	0.025-10	15-300	5-8000	85
	Michell-Banki	A.G. Michell (Australia) 1903 D.Banki (Hung) 1917-1919	40-160	0.025-5	1-50(200)	1-750	82
Reacción	Bomba Rotodinámica	Dionisio Papin (1689)	30-170	0.05-0.25	10-250	5-500	80
	Francis	James Francis (G.Bretaña) 1848	L: 60-150 N: 150-250 R: 250-400	1-500	2-750	2-750000	92
	Deriaz	P. Deriaz (Suiza) 1956	60-400	500	30-130	100,000	92
	Kaplan Y De Hélice	V. Kaplan (Austria) 1912	300-800	1000	5-80	2-200000	93
	Axiales: -Tubular -Bulbo -Generador Periferico	Kuhune-1930 Hugenin-1933 Harza-1919	300-800	600	5-30	100,000	93

Tipo de Turbina Según Rpm. Fuente: ITDG PERU

Especificaciones: Ns: velocidad específica, Ch: chorro, L: lento, N: normal, R:

Para nuestra potencia eléctrica que entrega el grupo hidroeléctrico con la cual calcularemos.

$$P_E = \frac{\rho * g * Q_d * H_n * \eta * \eta_T * \eta_g}{K} \dots \dots \dots 2.44$$

Dónde:

P_E = potencia eléctrica en los bornes del generador por grupo (203.06) KW

Q_d = caudal de diseño en cada turbina (0.172) m3/seg

η = eficiencia de la turbina (0.80)

η_T = Eficiencia de la transmisión (0.96)

η_g = Eficiencia del generador (0.85)

g = aceleración de la gravedad (9.81) m/seg²

K = constante de conversión (1000 w/kw)

ρ = densidad del agua (1000 kg/m³)

5.3. CALCULO SEGÚN EL CRITERIO DE REACONDICIONAMIENTO PARA 400 KW

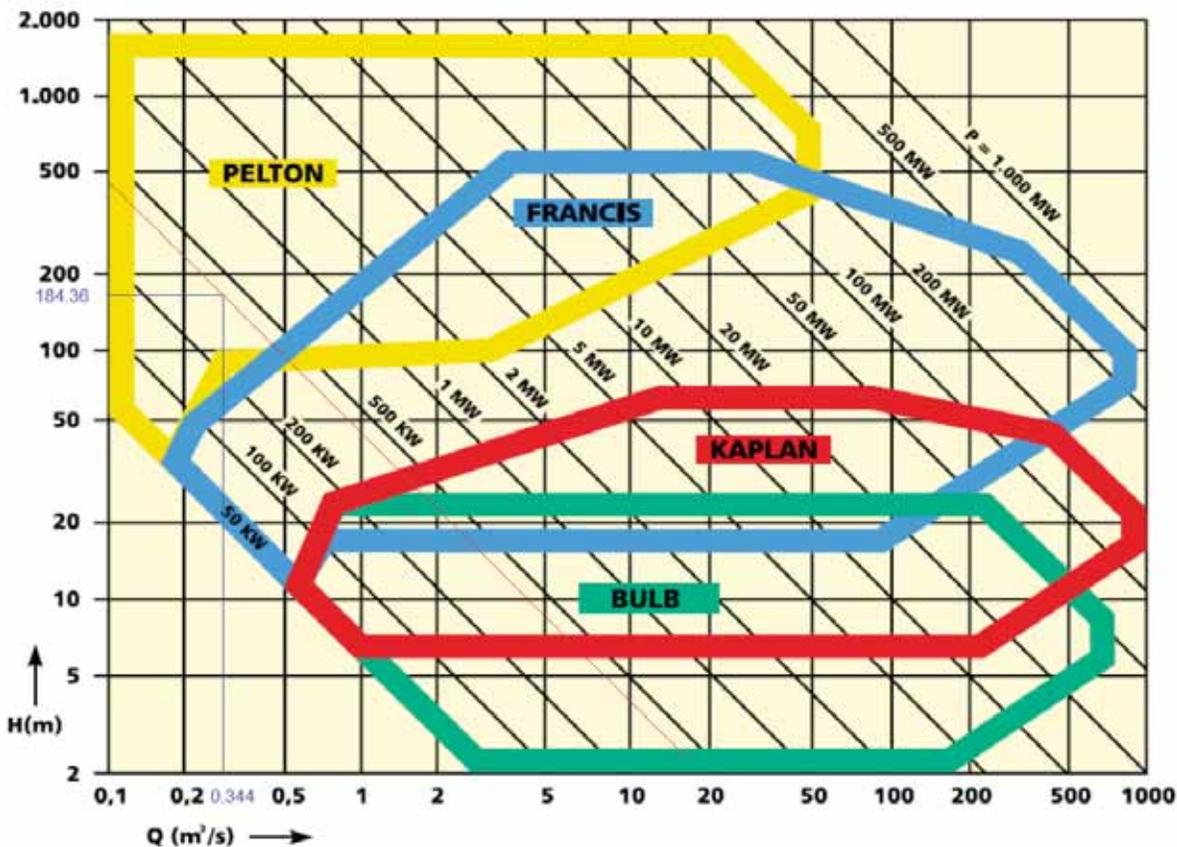
Tabla N° 8 datos Para El Diseño De La Turbina

<i>N°</i>	<i>simbología</i>	<i>valor</i>	<i>unidad</i>
01	<i>H</i>	184.36	<i>m</i>
02	<i>Q</i>	344.0	<i>l/seg</i>
03	<i>η</i>	85%	
04	<i>z</i>	1	<i>inyector</i>
05	<i>Z</i>	8	<i>Pares polos</i>
06	<i>f</i>	60	<i>Hz</i>
07	<i>g</i>	9.81	<i>m/seg²</i>
08	<i>n</i>	900	<i>rpm</i>

Diseño de la Turbina (fuente: elaboración propia)

Diagrama de selección de la turbina

Ilustración 35 Diagrama Para Selección De Turbinas Hidráulicas



Fuente: Revista VA TECH HYDRO-Turbina Y Generadores, 2002.

Triangulo De Velocidades

Para el análisis del triángulo de velocidades tomaremos varias condiciones.

Consideramos pérdidas por fricción en el inyector

$$C_i = k_c * \sqrt{2 * g * Hn} \dots \dots \dots 2.45$$

Dónde:

C_i: Velocidad de salida de la cuchara 58.9398 m/seg

K_c = 0.97 a 0.98.

g : aceleración de la gravedad (9.81) m/seg²

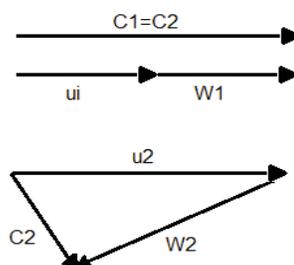
Hn: altura neta

Velocidad del chorro a la salida de la tobera:

La geometría de la turbina, debemos analizar el triángulo de velocidades un punto donde se hace contacto el chorro de agua con la cuchara.

$$C_i = \sqrt{1 - \frac{A H_i}{H}} * \sqrt{2 * g * H} \dots \dots \dots 2.46$$

Ilustración N° 36 triangulo de velocidades



Velocidad tangencia

Nuestra turbina es de acción.

$$U_2 = K_u * C_2 * \cos(\alpha_2) \dots \dots \dots 2.47$$

Dónde:

U_2 = Velocidad tangencia 28.2911 m/seg

K_u = coeficiente de la velocidad tangencia 0.44-0.48

C_2 =velocidad absoluta a la entrada de la cuchara = C_i

α = Angulo formado por C_2 y U_2 para la turbina pelton $\alpha=0$

Numero de revoluciones

$$U_2 = \frac{\pi * D r * N}{60}$$

Despejando tenemos:

N: número de revoluciones 964 rpm

Velocidad relativa

Para determinar la velocidad relativa W_2 debemos tomar en cuenta las velocidades absolutas y tangenciales

$$W_2 = Kf * C_2 * (1 - K_u) \dots \dots \dots 2.48$$

Por continuidad en las cucharas el chorro pierde velocidad por la fricción.

Dónde:

W_2 : Velocidad relativa = 32.3461m/seg

Kf : Coeficiente de velocidad relativa 0.98.

Ilustración N° 37 Triangulo De Velocidades



Velocidad absoluta de salida de la cuchara

$$C_1 = C_2 * \sqrt{K_u^2 * Kf^2 * (1 - K_u)^2 - 2 * K_u * Kf * (1 - K_u) * \cos(\beta_1)} \dots \dots \dots 2.49$$

Donde el Angulo β_1 tiene una relación de 5° a 20°

Consideramos un Angulo de 10° .

Eficiencia hidráulica teórica de la turbina

Usaremos la ecuación general para determinar le eficiencia de la turbina.

$$\eta_{turb} = 2 * K_C^2 * K_u * (1 - K_u) * (1 + Kf * \cos(\beta_1)) \dots \dots \dots 2.49$$

Dónde:

η_{turb} : Eficiencia hidráulica teórica de la turbina = 0.92

K_C : 0.97 a 0.98

K_u : coeficiente de la velocidad tangencia 0.44-0.48.

Donde la eficiencia hidráulica podemos estimar la eficiencia total de la turbina considerando las pérdidas volumétricas (por choque, por ventilación o mecánicas).

El rendimiento hidráulico de la turbina pelton depende:

- Forma de la cucharas
- Orientación
- Rozamiento del inyector
- Accesorios instalados antes del inyector

5.4. CALCULO DEL NÚMERO ESPECÍFICO DE REVOLUCIONES PARA CADA GRUPO HIDRÁULICO.

Calculamos nuevamente con los datos obtenidos anterior mente donde el N_s nos dio un valor de 900 rpm, con el nuevo cálculo nos resulta que nuestro N es 964 rpm, recalculemos un nuevo cálculo para el numero de revoluciones.

$$N_s = N * \frac{\sqrt{P}}{H^{\frac{5}{4}}}$$

N_s : número específico de revoluciones 16.00

N : número de revoluciones 964 rpm

P : potencia de frenado de la turbina (200 kw ----- 268.204 Cv)

Q : caudal de diseño 0.172 m³/seg

Para lo cual el N_q nos permite el reacondicionamiento

$$N_q = N * \frac{\sqrt{Q}}{H^{\frac{3}{4}}}$$

N_q : número de revoluciones 7.99 = 8.00

H : altura neta 184.36 m

Q : caudal de diseño 0.172 m³/seg

En los resultados hallados nos indica que podemos utilizar una turbina pelton con un inyector, indicaremos en las siguientes tablas:

Valores de números específicos de las turbinas

Tabla N° 9: Valores De Números Específicos De Revoluciones Para Turbinas

Tipo de turbinas		N_s	N_q
<i>Pelton</i>		4-30	1-9
<i>Francis</i>	<i>Lenta</i>	60-150	18-45
	<i>Normal</i>	150-250	45-75
	<i>Rápida</i>	250-400	75-120
<i>Kaplan</i>	<i>Lenta</i>	300-450	90-135
	<i>Normal</i>	450-650	135-200
	<i>Rápida</i>	650-800	200-240

Fuente: Turbomaquinas I Teoría de Problemas Adaptaciones de Ortiz. W. (1997).

Tabla N°10: valores para turbinas hidráulicas

Clases de turbinas		Tipos de rodetes	N_s (rpm)	Q (m ³ /seg)	$H_{max adm}$ (m)	H %	P kw
<i>Turbinas de acción</i>	<i>pelton</i>	<i>1 ch</i>	10-30	0.03-0.41	90-300	70-91	30-900
		<i>2 ch</i>	30-50	0.07-1.1	60-300		30-2500
		<i>4 ch</i>	30-50	0.65-2.0	150-300		750-4000
	<i>Turgo</i>		60-260	0.83-4.5	35-175	65-85	750-1500
	<i>Michell-banki</i>		40-160	0.12-1.1	11-90	65-82	30-150
<i>Turbinas de reacción</i>	<i>Bomba rotodinamica</i>		30-170	0.05-0.25	10-250	60-80	5-50
	<i>Francis</i>	<i>Lenta</i>	60-125	1.3-7	50-200	80-92	2000-4000
		<i>Normal</i>	125-225	0.25-2.5	20-150		150-750
		<i>rápida</i>	255-350	0.6-12	10-55		30-4000
		<i>Extra rápida</i>	350-450	0.7-3.0	5-9		30-180
	<i>Kaplan</i>	<i>Kaplan</i>	300-600	5-25	8.5-35	90	400-4000
		<i>Hélice</i>	500-1000	1.4-11	2.5-10	85	30-400
<i>Tubular</i>		300-1000	7.4-25	2.5-7	93	400-1500	

Fuente: Máquinas Hidráulicas Wilfredo Jara t. 1998

El los resultados obtenidos vemos que nuestro N_s es 16 en la que nos indica que nuestra mini central hidroeléctrica de urpay trabajara con un inyector.

Valores de N_s para el número de toberas

Tabla N° 11: Valores De N_s Para El Número De Toberas

<i>Valores De N_s Para El Número De Toberas</i>	
<i>Hasta 35</i>	<i>Pelton de una tobera</i>
<i>36-50</i>	<i>Pelton de dos toberas</i>
<i>51-72</i>	<i>Pelton de cuatro toberas</i>
<i>55-70</i>	<i>Francis muy lenta</i>
<i>70-120</i>	<i>Francis lenta</i>
<i>120-200</i>	<i>Francis mediana</i>

Fuente: Turbomáquinas I Teoría de Problemas Adaptaciones de Ortiz.W. (1997).

5.5. COMPONENTES DE LA TURBINA PELTON

Para nuestra mini central hidroeléctrica el accesorio principal de toda turbina hidráulica es el rodete mismo. El rodete no puede hacer mucho, requiere de ciertos accesorios.

- Válvula
- Cámara de distribución
- Difusor
- Inyector
- Aguja
- Rodete
- Carcasa
- Eje
- Sistema de frenado
- Cámara de descarga

Rodete

Consta con una rueda, alrededor a las que podemos llamar también alabes, sobre las que actúa el chorro del inyector. El tamaño y número de alabes depende de la característica de la instalación y de la velocidad específica n_s . Cuanto menos el caudal mayor la altura del salto, menor será el diámetro del chorro.

Para el material es el acero inoxidable martensítico son los llamados acero inoxidables altamente aleados con cromo y otros elementos. Donde presentan buena resistencia a la corrosión.

Tabla N°12: Materiales De Rodete

<i>C</i>	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>Cr</i>	<i>Mo</i>	<i>Ni</i>	<i>V</i>	<i>Ti</i>	<i>Al</i>	<i>B</i>
0.05	0.25	1.50	15.00	1.30	25.30	0.30	2.10	0.25	0.005

NORMAS

DIN, AISI, UNS, AMS, BS, SIS, AIR, AFNOR, JIS

Rueda motriz

Esta unida rígidamente al eje, montada en el mismo por medio de la chaveta y anclajes adecuados.

Alabes

También llamados, cucharas, son piezas de bronce o de acero especiales para evitar las posibles corrosiones y cavitaciones.

Distribuidor de la turbina

Está constituido por uno o varios equipos de inyección de agua. Cada uno de dicho equipo, formado por determinados elementos mecánicos, tiene como misión dirigir el chorro del agua que se proyecta sobre del rodete.

Inyector

Es el elemento mecánico destinado a dirigir y regular el chorro de agua donde transforma la energía de presión en cinética donde la velocidad de agua puede llegar a los 150 m/seg.

Materiales Para el Inyector

➤ ***Acero inoxidable***

Tabla N° 13: Materiales Para El Inyector

<i>Material</i>	<i>Numero</i>	<i>Grado</i>
<i>25-20 Cr. Ni. tipo 310</i>	<i>A 403/A 312</i>	<i>WP 310/TP 310</i>

➤ ***Cobre y sus aleaciones***

Tabla N°14 : materiales del inyector

<i>Material</i>	<i>Numero</i>	<i>Grado</i>
<i>Aluminio-bronce</i>	<i>B.169</i>	<i>D</i>
<i>Cobre y níquel 90/10</i>	<i>B.111</i>	<i>90/10 Cu.Ni.</i>
<i>Bronce rojo</i>	<i>3.36/B.43</i>	<i>-</i>
<i>Cobre desoxidado</i>	<i>B.42</i>	<i>-</i>
<i>Cobre y níquel 70/30</i>	<i>B.111/3.122</i>	<i>-</i>

Aguja

Es un vástago de acero muy duro situado concéntricamente en el interior del cuerpo de la tobera, guiado mediante cojinetes en los cuales tiene movimiento de desplazamientos longitudinal en dos sentidos.

Tobera

Se trata de la boquilla, normalmente con orificios de sección circular de un diámetro aproximadamente de 5 a 30 cm.

Deflector

Es un mecanismo de pala o pantalla, puede ser intercalado con mayor o menor incidencia en la trayectoria del chorro de agua entre la tobera y el rodete, nos sirve para evitar el embalamiento y el golpe de ariete (cierres bruscos)

Regulador de velocidad

Es un dispositivo electro mecánico (servo mecanismos, palancas, bielas) son diseñados para mantener constante la velocidad del grupo, a fin de que la frecuencia de la corriente generada tenga la carga de 60Hz.

Carcasa de la turbina

Es la envoltura metálica que cubre el inyector, rodete y otros elementos mecánicos de la turbina.

También evita que el agua salpique al exterior.

Dispone de una equipo de sellado, en las zonas de salida del eje, a fin de eliminar fugas de agua

Blindaje y destructor de energía

Protege la infraestructura contra el efecto destructor del chorro desviado.

Cámara de descarga

Se entiende como tal la zona por donde cae el agua libremente hacia el desagüe, después de haber movido al rodete. Conocido también como tubería de descarga.

Eje de la turbina

Rígidamente unida al rodete, y situada adecuadamente sobre cojinetes debidamente lubricados, tramite le movimiento de rotación al eje del generador. El número de cojinetes instalados depende de las características del grupo.

5.6. FACTORES DE EFICIENCIA Y PÉRDIDAS

5.6.1. FACTORES Q PUEDEN AFECTAR LA EFICIENCIA EN LA TURBINA

Factores que reducen la eficiencia de la turbina Pelton

- Fricción en la carcasa
- Fricción y turbulencias en las superficies guías
- Turbulencia según que el agua ingrese al rodete.
- Fricción en la estructura del rodete
- Porosidad en el alavés y el mal acabado de estos.

Factores Que Influyen En Las Pérdidas En Las Turbinas Pelton

- El tamaño de la maquina
- El tipo de rotor (axial, radial)
- Tiempo de uso de la turbina.

5.6.2. PÉRDIDAS GENERADAS EN LA TURBINA PELTON

- Perdidas internas
- Perdidas por fugas
- Perdidas hidráulicas
- Perdidas aerodinámicas
- Perdidas por rozamiento
- Perdidas por separación
- Perdidas externas
- Perdidas en el disco
- Perdidas en la fricción del cojinetes
- Perdidas en las empaquetaduras
- Perdidas en el volante y poleas
- Perdida en la bomba de lubricación
- Perdidas volumétrica

En este tipo de pérdidas de caudal se debe a las fugas, y para que exista debe haber una luz o un intersticio y una diferencia de presión, estas fugas volumétricas pueden ser internas y externas.

5.6.3. CALCULO PARA EL REACONDICIONAMIENTO DEL INYECTOR

Geometría del inyector

El inyector para la turbina Pelton está constituido por un codo de sección circular el cual decrece en forma progresiva, un tramo recto de sección circular donde se monta una aguja con cabeza en forma de bulbo y una boquilla que orienta el flujo del agua en forma tangencial al rodete.

Diámetro de la salida de la tobera o de chorro

$$d_o = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * K_c * \sqrt{2 * g * H}}} \dots \dots \dots 2.50$$

Dónde:

d_o : Diámetro de sección de chorro en 0.8620 m

Q : Caudal que fuera por la tobera de la turbina m³/seg

K_c : Coeficiente de velocidad de la tobera 0.97- 0.98

g : es la aceleración de la gravedad m/seg²

H : salto neto m

Caudal nominal de la turbina Pelton

$$Q_N = \frac{\pi * d_o}{4} * C_1 \dots \dots \dots 2.51 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Q_N : Caudal nominal de la turbina: 3.99 m³/seg

Diámetro de salida de la tobera será

$$d_{salida} = 1.25 * d_o \dots \dots \dots 2.52$$

d_{salida} : Diámetro de la salida de la tobera 0.1077 m.

Tabla N°15: Dimensiones Para La Tobera

<i>DIMENSIONES DE LA TOBERA EN FUNCIÓN DEL DIÁMETRO</i>				
<i>N°</i>	<i>Notación</i>	<i>Ecuación</i>	<i>Resultado</i>	<i>Unidades</i>
1	a	$1.42*d$	0.122	<i>m</i>
2	α_0	40-60	45	<i>grados</i>
3	α_1	60-90	70	<i>grados</i>
4	d_t	$1.1*d$	0.0948	<i>m</i>
5	x	$0.5*d$	0.0431	<i>m</i>
6	d_v	$0.58*d$	0.0499	<i>m</i>
7	b	$3.25*d$	0.280	<i>m</i>
8	d_2	$4.5*d$	0.387	<i>m</i>
9	l	$6*d$	0.517	<i>m</i>
10	r	$15*d$	1.293	<i>m</i>
11	d_1	$2.5*d$	0.2155	<i>m</i>

Fuente: análisis de datos propios

Dónde:

A: diámetro máximo de la aguja

α_0 : Angulo de punta de la aguja

α_1 : Angulo de la punta del inyector

d_t : Diámetro de la punta del inyector

x : Recorrido de la aguja

d_v : Recorrido máximo de la aguja

b : Longitud de la aguja

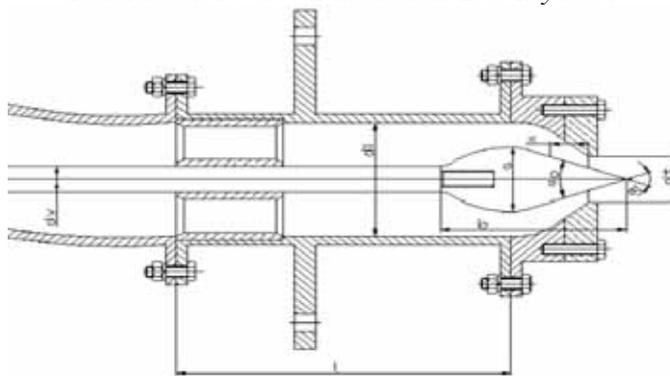
d_2 : Diámetro mayor en la curvatura del inyector

l : Longitud del tramo recto del inyector

r : Radio de curvatura del inyector

d_1 : Diámetro del tramo recto del inyector

Ilustración N° 38: Dimisiones Del Inyector



Radio de curvatura del bulbo del inyector

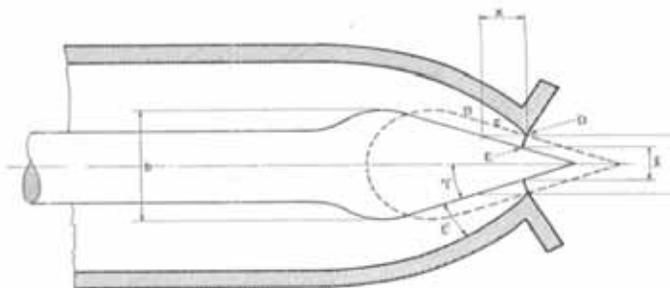
El radio de curvatura debe de ser grande y exacto a fin de evitar desprendimientos donde:

$$b_{bulbo} = 1.25 * d \dots \dots \dots 2.53 \quad \text{En m}$$

El diámetro d de salida de la tobera

$$r = \frac{b_{bulbo}}{2}$$

Ilustración N°39: Dimisiones De La Aguja



Rendimiento del inyector

Para el rendimiento del inyector depende de la velocidad del chorro del agua a la salida de la tobera o inyector. Caída del agua de una altura neta y la fuerza de gravedad.

$$\eta_a = \frac{C_1^2}{2 * g} \dots \dots \dots 2.55$$

Dónde:

η_d : Rendimiento del inyector

C_1 : Velocidad de salida de la cuchara

g: aceleración de la gravedad en m/s²

Hn: altura neta en m

5.6.4. CALCULO PARA EL REACONDICIONAMIENTO DEL RODETE

Geometría de la cuchara pelton

Cada cuchara queda dividida simétricamente en dos partes por una arista central. Contando por un plano radial cada parte de la cuchara tiene aproximadamente la forma de un eclipse.

Para saltos pequeños la cuchara se construye de bronce o acero inoxidable.

Luego de su fundición es preciso realizar un pulido final de las cucharas. Este proceso es para disminuir pérdidas por fricción y evitar concentración de esfuerzos que pueden producir agrietamiento.

Para cual determinaremos:

- La forma de la cuchara.
- Geometría del rodete.
- Numero de cucharas.

La geometría del rodete de la turbina Pelton depende de los factores.

Forma de la cuchara

Estas cucharas están conformadas por dos semi elipsoide que forman una arista

Mediante el grafico ANEXO Excel

Tabla N°16: dimensiones de la cuchara en función del diámetro

<i>DIMENSIONES DE LA CUCHARA EN FUNCIÓN DEL DIÁMETRO</i>				
<i>N°</i>	<i>Notación</i>	<i>Ecuación</i>	<i>Resultado</i>	<i>Unidades</i>
1	<i>B</i>	$3*d$	0.258	<i>m</i>
2	<i>L</i>	$2.8*d$	0.241	<i>m</i>
3	<i>D</i>	$0.9*d$	0.077	<i>m</i>
4	<i>f</i>	$0.9*d$	0.077	<i>m</i>
5	<i>M</i>	$1*d$	0.0862	<i>m</i>
6	<i>e</i>	$0.45*d$	0.038	<i>m</i>
7	β_1	15°	15°	<i>Grados</i>
8	β_2	16°	16°	<i>Grados</i>
9	<i>l</i>	$1.6*d$	0.13	<i>m</i>
10	β_3	5°	5°	<i>Grados</i>
11	β_4	13°	13°	<i>Grados</i>
12	<i>m</i>	$0.2*d$	0.0172	<i>m</i>

Fuente: análisis de datos propios

Dónde:

B: ancho de la cuchara

L: longitud de la cuchara

D: profundidad de la cuchara

f: longitud de la cuchara desde el corte hasta el centro del chorro

m: ancho de corte de la cuchara

e: longitud radial del corte de la cuchara

l: longitud de media cuchara

β_1 : Angulo de salida del agua de la cuchara

β_2 : Angulo de entrada del agua a la cuchara

β_3 : Angulo forma por la media cuchara

β_4 : Angulo de la punta de la cuchara

J: espesor de las cucharas

Cuchara de la turbina Pelton ANEXO Excel

5.6.5. GEOMETRÍA DEL RODETE

El rodete de la turbina pelton depende principalmente de la relación que existe entre el diámetro (Dp) y el diámetro de la sección transversal del chorro (d)

Diámetro de paso del rodete

$$D = (37a39) * \frac{\sqrt{Hn}}{N} \dots\dots\dots 2.55$$

Siendo la relación de diámetro igual a:

$$\delta = \frac{d}{D} \dots\dots\dots 2.56$$

Diámetro de la circunferencia de la arista al rotar el rodete,

$$Da = Dp + 2 * f$$

5.6.6. PASÓ MÁXIMO Y NÚMERO DE CUCHARAS

El pasó angular

$$\theta = \frac{2 * \pi}{Z} \dots\dots\dots 2.57$$

El cálculo de paso de la cuchara p alabe de un rodete Pelton, se determina en función a diferentes pasos, como le paso angular, paso medio circunferencial.

Se determina el valor de la distancia existente entre el diámetro y el paso del rodete y el diámetro máximo en la cresta de la cuchara.

$$\lambda = \frac{Da - D}{2} \dots\dots\dots 2.58$$

Dónde:

D: diámetro de paso del rodete.

Da: diámetro de la circunferencia de la punta de la arista al rotar el rodete.

Paso angular

$$\varphi = \arccos * \frac{1 + \delta}{1 + 2 * k * \delta} \dots \dots \dots 2.59$$

Dónde:

K: relación existente entre diámetros de paso, cresta y diámetro del chorro

$$k = \frac{1}{2} * \frac{D_a - D}{d} \dots \dots \dots 2.60$$

Angulo comprendido entre la arista de la cuchara y el punto máximo de salida del chorro de agua es:

$$\psi = \frac{2 * k_u}{k_c} * \sqrt{(1 + 2 * k * \delta)^2 - (1 + \delta)^2} \dots \dots \dots 2.61$$

Donde le valor máximo es:

$$\theta = 2 * \varphi - \psi \dots \dots \dots 2.62$$

Paso máximo de la circunferencia:

$$t = (2 * \varphi - \psi) * \frac{D}{2} \dots \dots \dots 2.63$$

El número teórico de la cuchara será:

$$z_{teorico} = \frac{2 * \pi}{\theta} \dots \dots \dots 2.64$$

Si en n_s seria bajo la turbina seria lenta, tomas un valor de paso menor de (0.65-0.85).

Si el n_s fuera elevado, la turbina seria rápida, y el valor de paso sería ligeramente inferior al obtenido.

El número de alavés será:

$$Z = \frac{2 * \pi}{k_p * \left(\theta - 2 * \left(\frac{D_a}{D_p} \right) * k_u * \text{sen} \left(\frac{\theta}{2} \right) \right)} \dots \dots \dots 2.65$$

Dónde:

Z: número de cucharas

Kp: factor de paso real de la cuchara de un rango de 0.65 y 0.85.

Dp: diámetro de rodete en m

Da: diámetro de la circunferencia de la punta de la arista al rotar el rodete, m

θ : Angulo en radianes

$$\theta = 2 * \arccos\left(\frac{Dp + d}{Da}\right) \dots \dots \dots 2.67$$

f: Dimensión de la cuchara, eje del chorro de agua m

Ku: Coeficiente de velocidad tangencial tabla 34

Relación de diámetro de chorro y del rodete.

$$\frac{Dp}{d} = \frac{\text{diámetro del rodete m}}{\text{doámetro del chorro m}}$$

Tabla N°17: Número De Cucharas

NUMERO DE CUCHARAS EN FUNCIÓN DE $\frac{Dp}{d}$				
N°	$\frac{Dp}{d}$	Ku	Numero de cucharas	
			Z min.	Z máx.
1	15	0.471	21	27
2	14	0.469	21	26
3	13	0.466	20	25
4	12	0.463	20	24
5	11	0.460	19	24
6	10	0.456	18	23
7	9	0.451	18	22
8	8	0.445	17	22
9	7.5	0.441	17	21
11	6	0.48	17	20

Datos obtenidos en los cálculos (fuente elaboración propia)

5.7. ALTURA DE MONTAJE MÍNIMO

$$H_{minima} = 10 * d + \frac{H_n}{2000} \dots \dots \dots 2.68$$

Dónde: H mini: altura mínima de montaje, d: diámetro del chorro, Hn: altura neta

5.8. VELOCIDAD DE EMBALAMIENTO

Las turbinas deberán soportar un embalamiento de sobre velocidad acorde a normas técnicas en un rango de 80% adicionados a la velocidad nominal, tal como se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla 18 valores de velocidad en embalamiento

<i>Turbina</i>	<i>Sobre velocidad</i>
<i>Pelton</i>	<i>80%</i>
<i>Francis</i>	<i>85-100%</i>
<i>Hélice</i>	<i>80-120%</i>
<i>Kaplan</i>	<i>80-120%</i>

Fuente: centrales hidroeléctricas

6. REGULADOR DE VELOCIDAD

En una mini central hidroeléctrica, la turbina hidráulica es la encargada de transformar la energía hidráulica en energía mecánica. Acoplada a ella se encuentra el generador de corriente eléctrica, el cual transforma la energía mecánica en energía eléctrica. Ambas, maquinas deben girar a una velocidad constante, para que la frecuencia producida, también permanezca constante. Luego debe existir un regulador de la velocidad del rodete de la turbina. Estos reguladores pueden ser oleohidráulicos, electromecánicos, mecánicos e hidráulicos con mandos electrónicos.

El sistema de regulación depende fundamentalmente de la frecuencia a que ha de ser suministrada la corriente eléctrica y del número de pares de polos del alternador, regulado también el salto de agua y potencia.

$$N = \frac{120 * f}{p}$$

N: número de revoluciones por minuto

F: frecuencia del sistema

p: número de pares de polos

6.1. POTENCIA DE LA TURBINA

Turbina pelton. En la turbina viene acoplado el regulador de velocidad para regular el caudal de chorro hacia el rodete, por lo que describiremos:

Variaciones transitorias de velocidad.- En la variación transitoria se produce cuando los osciladores de carga se presentan bruscamente, donde se puede a llegar a recuperar o no, el número total de revoluciones.

Máxima variación transitoria de velocidad.- se presenta sobre velocidad máxima alcanzada por el rodete, como consecuencia de producirse en desconexión brusca del grupo respecto de la red.

Donde depende del regulador de velocidad y de las características de la propia instalación

Velocidad de embalamiento.- se presenta en la máxima velocidad adquirida por el eje del grupo electromecánico cuando, al pasar rápidamente en plena carga a valor cero, el distribuidor permanece completamente abierto, en un caudal máximo.

Regulador automático de velocidad.- el regulador de velocidad es un mecanismo con una tarea de conseguir el equilibrio en la turbina, manteniendo la velocidad de sincronismos del grupo en todas las cargas solicitadas y protegiendo además contra velocidades excesivas que pudieran presentarse.

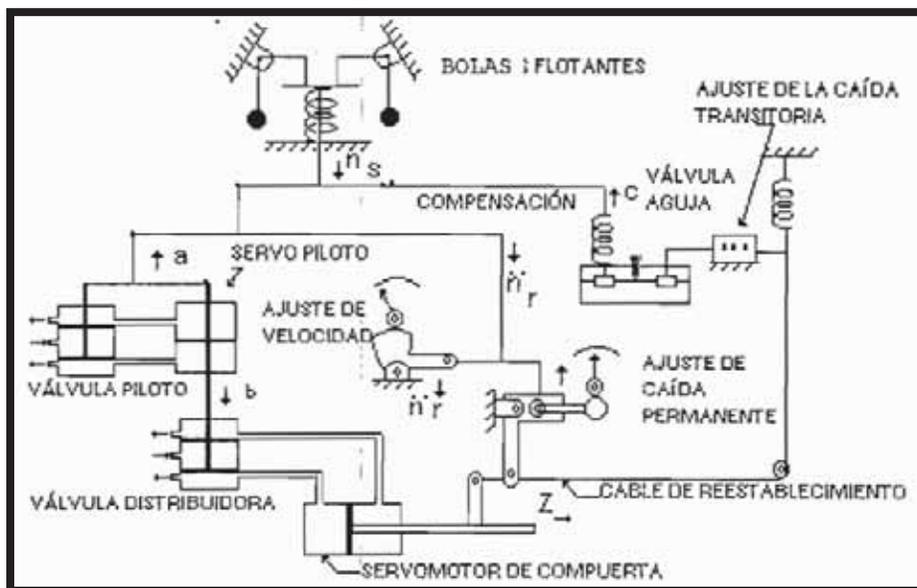
Reguladores centrífugos.- se basa en el desplazamiento o elevación, por efecto de la fuerza centrífuga de masas giratorias en las que se denomina péndulos del regulador. Donde una correa transmite el giro al eje del tacómetro este se utiliza en máquinas de pequeñas potencias.

REGULADOR OLEOHIDRÁULICO

- Utilizados en unidades viejas.
- El censado de la velocidad, la realimentación con estatismo permanente y función de cálculo son positivas por elementos mecánicos.

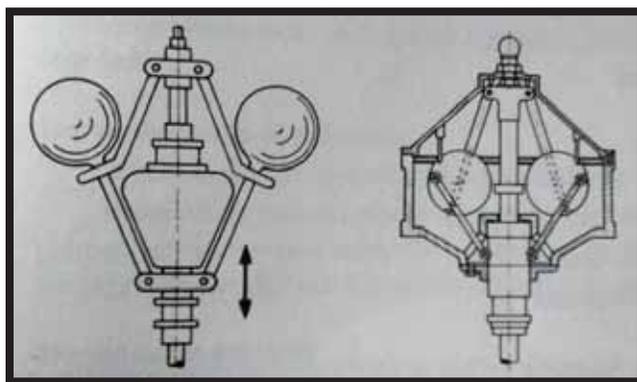
- Las funciones que involucran potencia mayor son realizadas por componentes hidráulicos (amplificador), como para movimiento de compuertas.
- Se utilizan un amortiguador (dashpot) para mover la compensación de estatismo transitorio.

Ilustración 40: regulador de velocidad oleohidráulico



Fuente: estabilidad en sistemas eléctricos de potencia-sistemas de regulador de velocidad y de control de turbinas IEE-UNSJ Argentina

Ilustración 41: regulador centrífugo

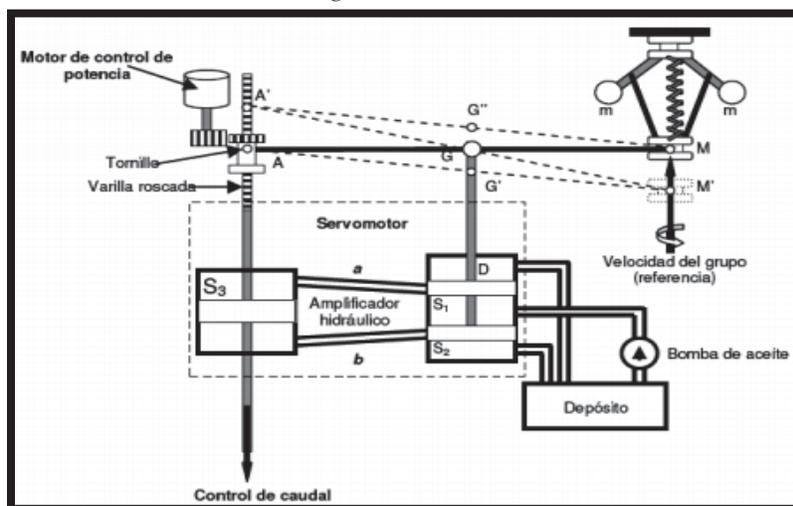


Fuente: Regulación De Velocidad De Las Turbinas Hidráulicas María José Barros Santos 1978

REGULADORES ELÉCTRICOS

Se fundamenta en la medida directa y exacta de frecuencia. Por medio de dispositivos y sensores de alta sensibilidad. Ambos son dispositivos tacométricos de regulador o cabezal de regulación. En este sistema el dispositivo de masa giratoria es movido por un pequeño motor eléctrico, alimentado por una conducción eléctrica.

Ilustración 42: regulador de velocidad eléctrica

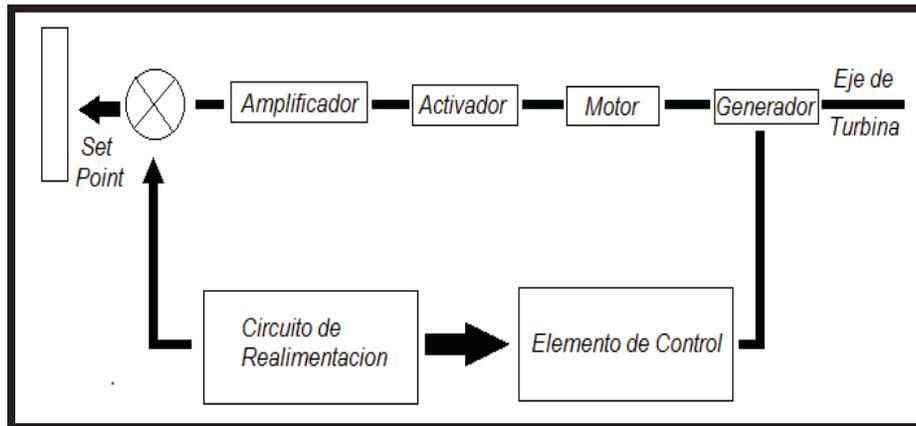


Fuente: Reguladores de Velocidad de Turbinas Hidráulicas María José Barros Santos, Centrales Hidroeléctricas II Turbinas Hidráulicas

REGULADORES ELECTRÓNICOS

La energía mecánica tomada del eje de la turbina, se convierte en energía eléctrica en la dinamo de corriente continua, generando un voltaje de acuerdo a la velocidad de la turbina. Este voltaje es llevado al circuito de realimentación para introducirlo dentro de un rango fijo y compararlo con un voltaje preestablecido de acuerdo a la velocidad de trabajo de la turbina. Esta comparación la efectúa el set de point.

Ilustración 43: Esquema Simplificado Del Regulador Electrónico



Fuente: reguladora electrónica para turbinas, pedro Antonio Pérez Anaya, ingeniero mecánico M.s. Departamento De Fluidos Y Térmicas

- Dispositivo que toma la señal de eje de la turbina.
- Detecta el cambio de velocidad de la rueda.
- Amplifica y compara la señal recibida con un control de velocidad.
- Activa una señal sea a la derecha o ala izquierda al motor.
- El motor se encarga de girar el inyector que cierre o abra el paso del agua al rodete.

6.1.1. POR SU FORMA DE ACTUAR

Reguladores de acción directa.- la señal de regulación emitida por el tacómetro pasa directamente del regulador al distribuidor de la turbina.

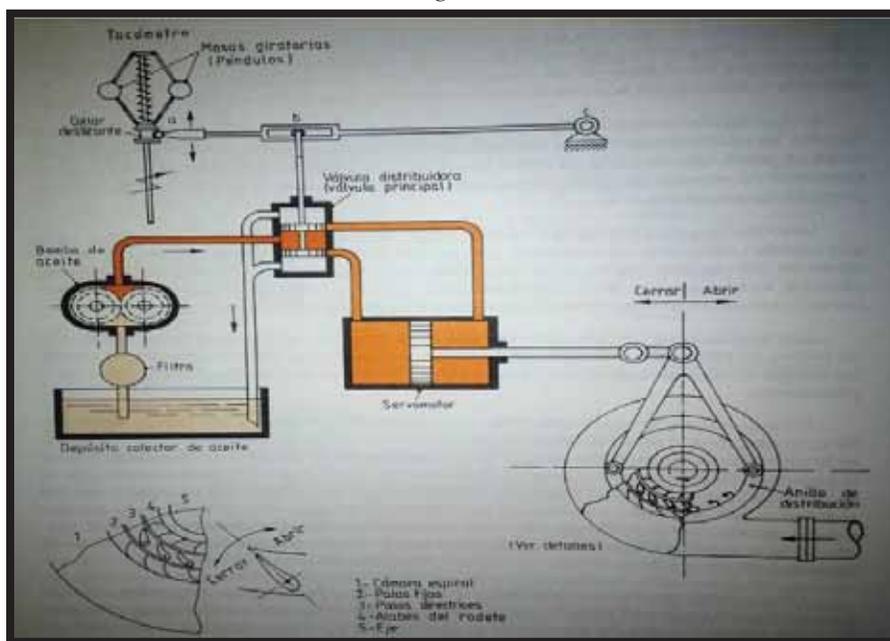
Reguladores de acción indirecta.- la seña es trasmitida por medio del equipo de regulación por servomotores. En la actualidad son los más utilizados.

6.1.2. FUNCIONAMIENTO DE UN REGULADOR DE VELOCIDAD

En el regulador se encuentras dos sistemas de regulación:

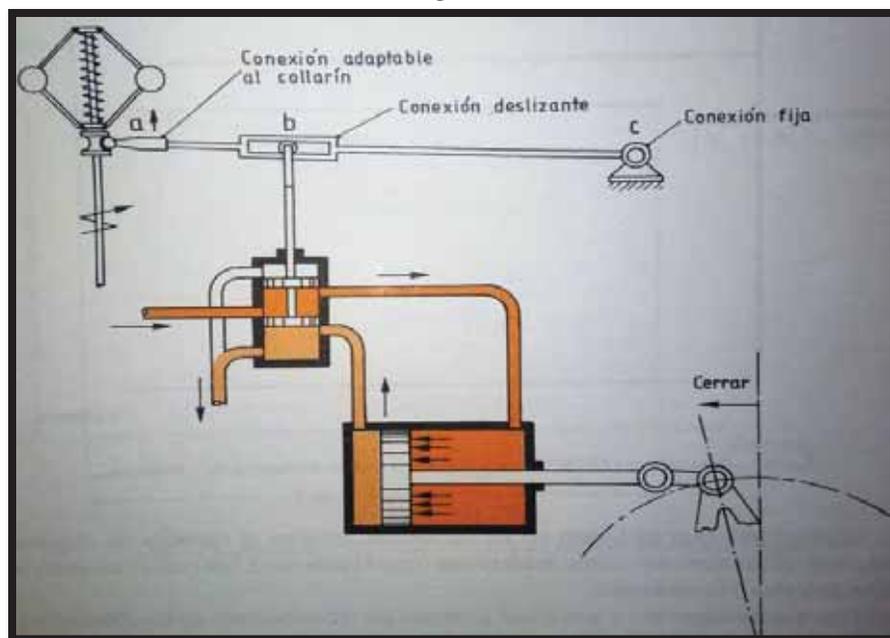
Regulación estática a la turbina y generador.- en este sistema de regulador centrífugo es de acción indirecta que actúa sobre un servomotor. En donde este gobierna el anillo de distribución de la turbina, este regulador mantiene constante el número revoluciones.

Ilustración 44: Regulador De Velocidad



Fuente: Regulación De Velocidad De Las Turbinas Hidráulicas María José Barros Santos 1978 Santos

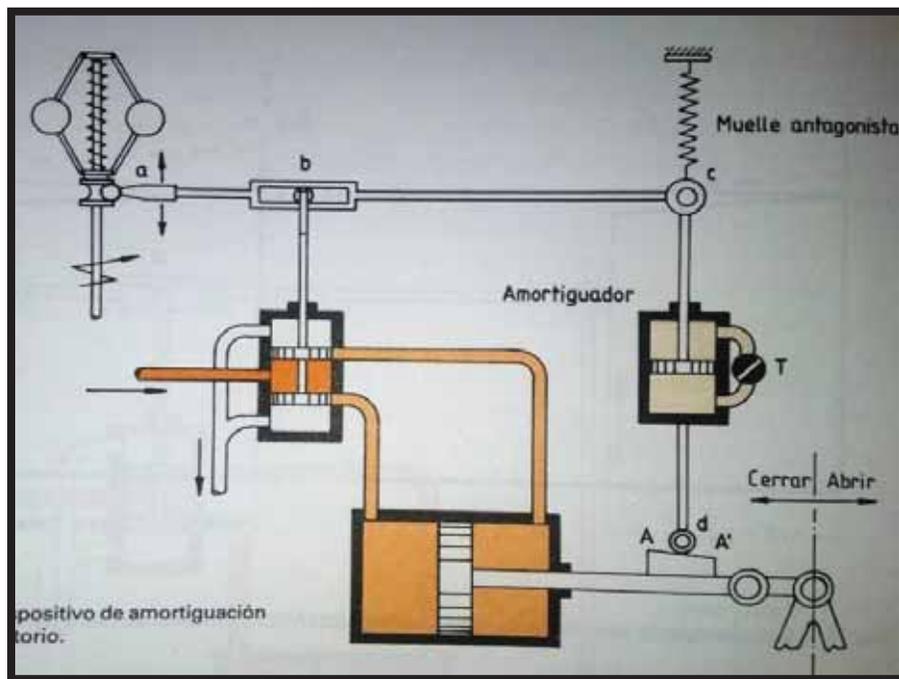
Ilustración 45: Regulador De Velocidad



Fuente: Regulación De Velocidad De Las Turbinas Hidráulicas María José Barros Santos 1978

Regulación estática.- el valor de potencia le corresponde la adecuada velocidad o frecuencia respectiva, a esto se le denomina freno de catarata.

Ilustración 46: Regulador De Velocidad Con Amortiguador



Fuente: Regulación De Velocidad De Las Turbinas Hidráulicas María José Barros Santos 1978

Partes de un regulador de velocidad

- Control de caída de velocidad
- Control de velocidad
- Control de límite de apertura
- Control de desconexión por exceso de velocidad

Sistema de aceite de regulación

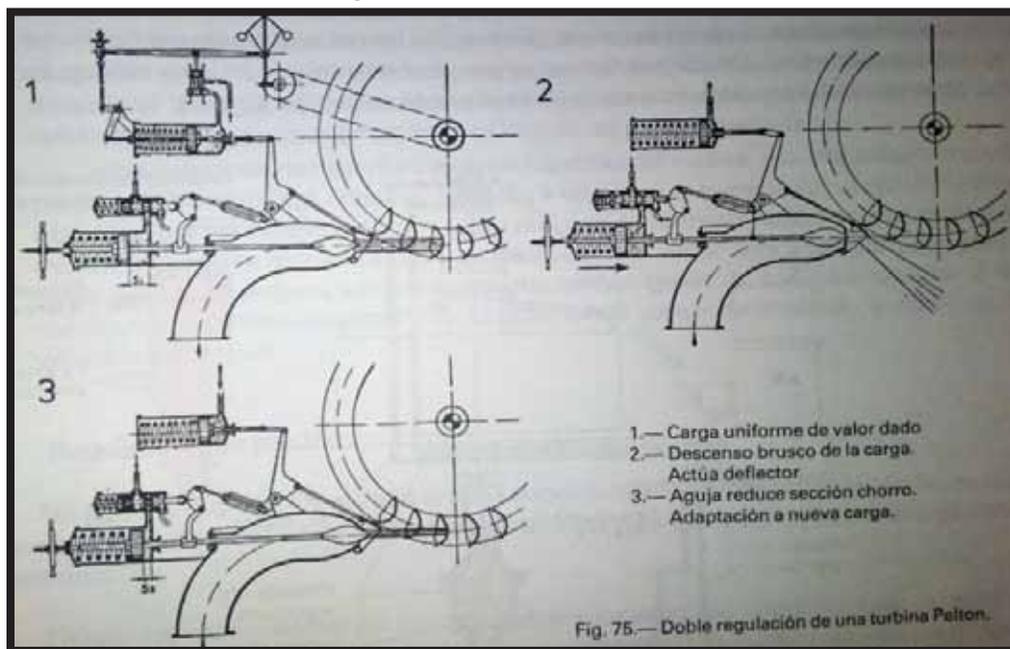
Motobombas

- Filtro de aceite
- Refrigeradores
- Calderín de presión de aceite –aire
- Calderín de presión de aire
- Cerrojo
- Master cierre de energía, solenoide o eléctrico de seguridad

Regulación de turbina pelton

Esta turbina dispone de la denominada doble regulación que establece una exacta correspondencia entre la posición de la válvula de aguja y el deflector

Ilustración 47: Regulador De Velocidad Para Turbinas Pelton



Fuente: Regulación De Velocidad De Las Turbinas Hidráulicas María José Barros Santos 1978

CAPITULO V

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS MECÁNICOS Y
ELECTROMECAÑICOS**

5. INTRODUCCIÓN

Las especificaciones técnicas tienen como objetivo definir las características técnicas de los equipos electromecánicos para el Reacondicionamiento y funcionamiento de la Mini Central Hidroeléctrica De Urpay.

Tabla 19: Parámetros De La Mini Central Hidroeléctrica De Urpay
PARÁMETROS DE LA MINI CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE URPAY

<i>Caudal De Diseño</i>	<i>0.347</i>	<i>m3/seg</i>
<i>Altura Bruta</i>	<i>188.95</i>	<i>m</i>
<i>Altura Neta</i>	<i>184.36</i>	<i>m</i>
<i>Potencia</i>	<i>404</i>	<i>Kw</i>
<i>Equipamiento 2 Turbinas Pelton</i>	<i>210</i>	<i>kw</i>
<i>Diámetro de tubería</i>	-	-
<i>Longitud de la tubería</i>	-	-

Fuente: Elaboración Propia

5.1. NORMAS TÉCNICAS

En las especificaciones técnicas contamos con las siguientes normas que debemos tener en cuenta para la adquisición de los equipos, ya que debemos tener en cuenta el material y tipo de fabricación y el reglamento nacional de construcciones, y tomaremos en cuenta las normas internacionales.

Las siguientes normas:

- DIN Instituto Alemán De Normas
- SI Sistema Internacional De Unidades
- SAE Sociedad De Ingenieros De Automóviles
- AISC Instituto De Construcción De Acero
- ISO Organización Internacional De Normalización
- AISI Instituto Americano De Fierro Y Acero
- ANSI Instituto Americano De Normas
- ASME Sociedad Americana De Ingenieros Mecánicos
- ASTM Sociedad Americana De Pruebas Y Materiales

5.2. TUBERÍA FORZADA

La tubería es un elemento importante en el proyecto de reacondicionamiento ya por ella será transportando el fluido hídrico para el funcionamiento de la turbina, en esta parte mencionaremos

Tabla 20: Especificaciones De La Tubería De Acero

<i>Descripción</i>	<i>Dato</i>	
<i>Tubería sin costura:</i>	<i>Schedule 40 o cedula 40</i>	
<i>Diámetro:</i>	<i>406.400 mm</i>	
<i>Espesor:</i>	<i>12.7 mm</i>	
<i>Material:</i>	<i>acero negro xs</i>	
<i>Longitud por tubería:</i>	<i>12 m</i>	
<i>Velocidad máxima de flujo en tubería:</i>	<i>1.70 m/s</i>	

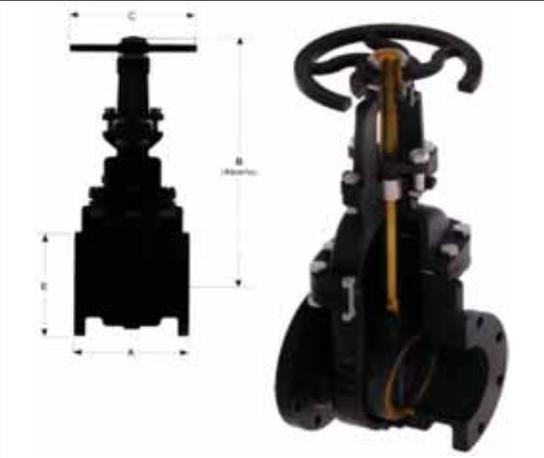
Fuente: F.R Tubería De Acero

5.3. VÁLVULAS

Válvula De Hierro Tipo Compuerta Con Vástago Ascendente

Para el ingreso el fluido hacia la turbina tenemos la primera compuerta. La válvula es de cuña sólida, con una sola pieza diseñada con guías para el disco par cualquier desempeño bajo cualquier condición de servicio, particular mente para condiciones con severa turbulencia, esta válvula nos permitirá el ingreso del caudal hacia la tubería de distribución o pantalón.

Tabla 21: Especificaciones De Válvulas

<i>Descripción</i>	<i>Dato</i>	
<i>Válvula de compuerta,</i>	<i>cuña/disco tipo solido</i>	
<i>Cuerpo</i>	<i>bronce hierro fundido de clase B</i>	
<i>Ancho de válvula</i>	<i>400 mm, 16 pulgadas</i>	
<i>Válvula abierta h</i>	<i>1804 mm, 71 pulgadas</i>	
<i>Volante de accionamiento</i>	<i>558 mm, 22 pulgadas</i>	
<i>Diámetro</i>	<i>36.6 mm, 17/16 pulgadas</i>	
<i>Peso</i>	<i>647 kg, 1426.4 LB</i>	

Fuente: Materiales Industriales del Sur Este, S.A

Válvula De Globo

Para el ingreso el fluido hacia la turbina tenemos las segundas compuerta estas dos válvulas son de globo ya que estos dispositivos son principalmente usadas para modular o regulan el volumen o caudal del fluido. Donde estas válvulas son dos para los dos grupos de turbinas.

Tabla 22: Especificaciones De Válvulas

<i>Descripción</i>	<i>Dato</i>	
<i>Válvula de globo</i>	<i>Disco tipo cónico</i>	
<i>Cuerpo</i>	<i>bronce hierro fundido de clase B</i>	
<i>Ancho de válvula</i>	<i>10 pulg 250 mm</i>	
<i>Válvula abierta h</i>	<i>253mm</i>	
<i>Volante de accionamiento</i>	<i>12 pulg</i>	
<i>Diámetro</i>	<i>14 pulgas, 560 mm</i>	
<i>Peso</i>	<i>141 kg</i>	

Fuente: Materiales Industriales del Sur Este, S.A

5.4. TURBINAS

Nuestra turbina será de acero inoxidable de tipo Pelton. Donde recuperaremos algunos componentes. En donde seguiremos todo los pasos y normas de manteniendo.

Turbina

- Tipo: pelton
- Caudal de turbina: 0.184 m³/seg
- Salto neto: 180 m
- Potencia: 295 kW
- Velocidad nominal: 900
- Un inyector con su respectivo órgano regulador
- Carcaza que protege al rodete
- Rodete. Acero de una sola pieza

Sus dimensiones son:

- Diámetro del rodete: 564mm – 0.564m
- Velocidad angular: 900rpm
- Caudal de diseño: 184 l/s
- Altura neta: 180.2 m
- Numero de cucharas: 20 unid
- Con un dimensionamiento de cucharas:
- Ancho de la cuchara: 182.5 mm
- Altura de la cazoleta: 182.5 mm
- Profundidad de la cazoleta: 54.53mm
- El sistema de trasmisión de potencia mecánica es directo

Distribuidor o Inyector

Dirige el chorro del agua hacia el rodete regulando el caudal del agua que ha de fluir al rodete. Para paradas rápidas cuenta con una pantalla llamada deflectora este sistema desvía el chorro de salida.

- Material: acero inoxidable
- Diámetro de salida: 60 mm
- Válvulas: de apertura con regulador de caudal
- Varilla: de acero inoxidable de 32 pulgadas
- Aguja: acero inoxidable
- Deflector: are de 8 x 7 pulgadas de espesor de 1.5 mm

Ilustración 48: inyector



Fuente: hidrosatur

5.6. CARCAZA

Envoltura metálica que cubre el rodete e inyector y otros elementos mecánicos de la turbina hidráulica, evitando que el agua salpique al exterior.

- Material: carcasa robusta acero moldeado de 15 mm de espesor.
- Revestido con pintura anticorrosiva
- 12 pernos de presión
- Empaque

5.7. RODETE

- Material de Acero Cromo- Níquel Cor13.4 Inoxidable
- Diámetro
- Marca
- Numero de Cucharas 20

Ilustración 49: Rodete Pelton



Fuente: hidrosatur

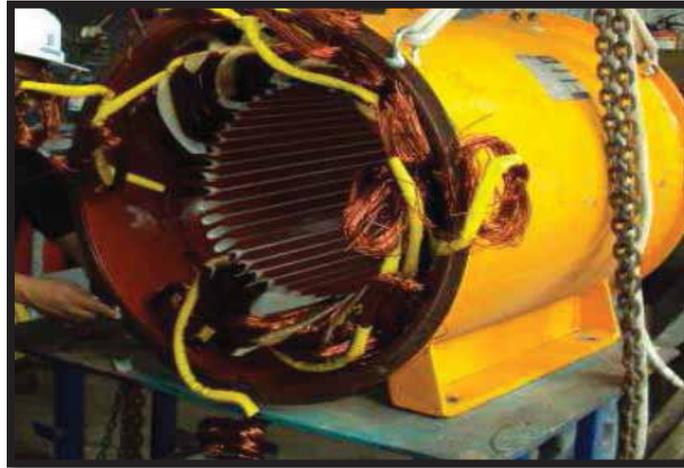
6. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL GENERADOR

El generador eléctrico o alternador tiene la función de convertir la energía mecánica de rotación de la turbina en energía eléctrica, el generador síncrono tiene el bobinado de campo excitado por corriente continua y la tensión desarrollada en su armadura es alterna de allí el nombre de alternador.

Datos técnicos:

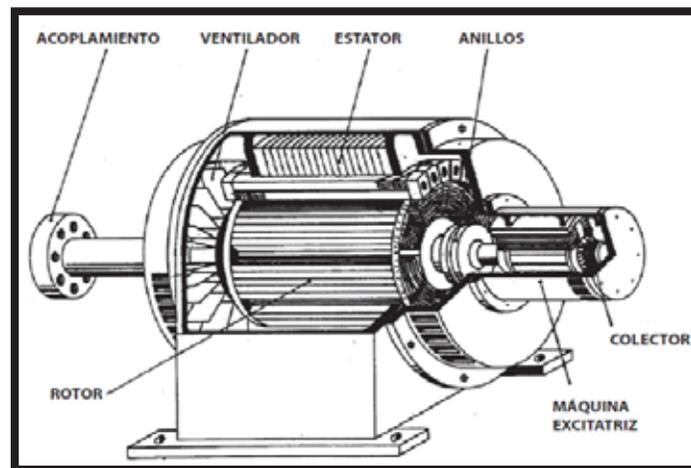
- Sistema: trifásico
- Potencia nominal: 12 kva
- Atención primaria: 6300 v
- Tensión secundaria: 220 v
- Frecuencia: 60 Hz
- Acoplamiento: directo en horizontal
- Velocidad sincronizada de 900 rpm

Ilustración 50: Generador



Fuente: hidrosatur

Ilustración 51: Partes Del Generador



Fuente: Manual de Capacitación en Operación Y Mantenimiento de Pequeña Centrales Hidroeléctrica

6.1. SISTEMA DE REGULACIÓN DE VELOCIDAD

En La Mini Central Hidroeléctrica De Urpay optaremos por un regulador de velocidad eléctrico e electrónico ya que este sistema de regulador de velocidad se acoplara hacia nuestro equipo electromecánico.

- Regulador de turbina hidroeléctrica de 60 HZ o 50HZ para turbina Pelton
- Especificaciones de 220 V
- Regulador PLC para unidad generadora de turbina hidroeléctrica.

- PLC regulador de la Unidad de generador de turbina hidroeléctrica
- Fuente de alimentación: AC220V; DC110V
- Presión de aceite operativo: 6.4 Mpa 1 rango de ajuste para boquilla servomotor
Apertura/hora de cierre: 10-60 s
- Rango de ajuste para deflector servomotor tiempo de apertura/cierre: <2,0 s 1 PID
Regulador rango de ajuste del parámetro.
- Velocidad momentánea droop: 0 ~ 200%
- Velocidad permanente droop: 0 ~ 10%
- Ganancia Integral Td: 0 ~ 20 s
- Tiempo de aceleración constante: 0-5S
- Rango de frecuencia: 52,5 ~ 47,5 HZ

Este regulador diseñado con tecnología hidráulica avanzada y tecnología de control PLC, consigue la regulación y control automático de la turbina hidráulica.

Función:

- Regular la velocidad de la turbina
- Ajustar la frecuencia del conjunto del generador
- Controlar la frecuencia de la red de suministro de energía y la fase de control
- Protección de seguridad en caso de parada emergente

Aplicaciones: Este regulador PLC tiene dos series:

- Tipo CJWT que controla la turbina de impacto y mantener la frecuencia del generador a 50 HZ o 60 HZ.

Ilustración 52: Regulador Electrónico



<https://gretek.com.pe/servicios-de-sistemas-de-control-y-regulacion/> GRETEK Grupo Técnico Kilowatt S.R.

Ilustración 53: Tablero De Regulador De Velocidad



<https://gretek.com.pe/servicios-de-sistemas-de-control-y-regulacion/> GRETEK Grupo Técnico Kilowatt S.R.L

7. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL TABLERO DE CONTROL (MEDICIÓN Y CONTROL Y DE TRANSFORMACIÓN)

Tablero de control como su nombre lo indica controla la potencia de energía que genera nuestro generador.

Voltímetro, amperímetro y medidor de energía.

Proporcionado para generador como elemento básico. Normalmente son intercambiables entre fases. Los instrumentos mencionados están situados con un suministro de entrada o salida.

Vatímetro y medidor de energía (KWH).

Son tres instrumentos de fase para el control de potencia de salida de los generadores a los alimentadores. El vatímetro da una lectura instantánea de potencia, estrechamiento relacionado con la potencia en el eje producida por la turbina.

El controlador de medidor de energía (kwh), este instrumento registra la energía total generada y el mismo tipo que los controladores de consumo doméstico o industrial.

Medidor de factor de potencia y medidores reactivos (KVA). Este instrumento proporciona lectura instantáneas del componente reactivo, de la energía eléctrica generada o transmitida.

Datos técnicos:

- 02 amperímetros en escala 0 a 50 A
- 02 voltímetros en escala de 0 a 6500 V
- 02 frecuencímetros con escala de 50 a 60 Hz
- 01 voltímetro de 0 a 700 KW

Tablero de excitación

01 amperímetros en escala de 0 a 30 A

01 voltímetro con escala de 0 a 300 V

Ilustración 54: Tableros De Control Eléctrico Y Electrónico



Fuente: Hidrosatur

7.1. ESPECIFICACIONES TÉCNICA DE LOS TRASFORMADORES

El transformador de salida, normalmente ubicado en el interior o exterior de la casa de máquinas, se encarga de elevar el voltaje, el transformador de llegada ubicada en el centro de carga, se encarga de reducir el voltaje a las condiciones nominales de trabajo para el usuario final.

Datos técnicos:

- Sistema: trifásico
- Potencia nominal: 630 kv
- Atención primaria: 230 v
- Tención secundaria: 22.9 v
- Frecuencia 60 Hz

CAPITULO VI

PROCESO DE REACONDICIONAMIENTO

6. INTRODUCCIÓN

El proceso de reacondicionamiento nos lleva a un diagnóstico para la reparación, recuperación de equipos y componentes de la mini central hidroeléctrica de Urpay esta reparación, recuperaciones se hará de acuerdo a las normas y estándares de calidad.

En este capítulo hablaremos todo lo obtenido en los capítulos anteriores de acuerdo los cálculos hallados para obras de reacondicionamiento y reparación para el funcionamiento de la mini central hidroeléctrica de Urpay.

Para lograr el reacondicionamiento se ha tenido que realizar las pruebas reales y el análisis en qué estado se encuentran las infraestructuras civiles, mecánica, y electro mecánica, para lograr el reacondicionamiento, manteniendo y el cambio de equipos que van a ser remplazados todo este estudio para poder llegar lograr una mejor optimización y el buen funcionamiento de la las máquinas y tener un rendimiento energético. Con los valore obtenidos en las pruebas, se ha realizado los cálculos correspondiente, tratando en lo posible llegar a justificar las características establecidas existentes.

6.1. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS PARA EL DESARROLLO DEL REACONDICIONAMIENTO

La mini central hidroeléctrica de urpay contiene varios componentes entre ellos son:

6.1.1. BOCATOMA

Elemento hidráulico de captación para el encauzamiento hacia el canal de conducción.

Bocatoma 01 Para El Rio Chanca

Es la primera toma que se encuentra en el poblado de chanca en la que este primer punto se encuentra en una altitud de 3584 msnm, cuyo caudal de captación es de 0.244 m³/seg; y el agua que excedente se deriva a la agricultura.

El diagnóstico de la bocatoma está en deterioro para lo cual se debe reconstruir el vertedero y el reacondicionamiento de las parte mecánicas de la bocatoma.

Bocatoma 02 Para El Rio Llactabamba

Es la segunda toma que se encuentra en la parte de encima del centro poblado de urpay esta bocatoma se encuentra a una altitud de 3558 msnm cuyo caudal de captación es de 0.225 m³/seg el agua excedente se deriva al cauce del rio y a la agricultura de la zona.

El diagnóstico de la toma o bocatoma es tan e toral deterioro por lo cual se necesita la reconstrucción y nuevo dimensionamiento de captación de agua y vertedero correspondiente y que con el tiempo y el cauce del rio fueron destruidos y las partes mecánica desaparecidas todo el remplazo de nuevas partes mecánica para la compuerta.

6.1.2. CANAL DE CONDUCCIÓN

Está formado por mampostería (piedra asentada en concreto), de sección cuadrada, el estado de este canal se divide en dos sectores de la bocatoma 01 hasta la bocatoma 02, en donde se encuentra un túnel.

El canal de conducción se encuentra en un regular estado ya que se encuentra en algunos pequeños tramos destruidos, en cuanto a las filtraciones existen en todo el canal de conducción ya que este está con material de piedra asentada con concreto, para lo cual el reacondicionamiento seria limpiarlo y revestirlo con una capa de concreto para un buen funcionamiento y libre de filtraciones.

El canal de conducción tiene un tramos de 4577.30 m.

Bocatoma 01 – bocatoma 02 -----2144.607 metros.

Bocatoma 02 – cámara de carga -----2288.350 metros.

Canal subterráneo -----112.8 metros.

6.1.3. DESARENADOR Y RESERVORIOS

Se encuentra con tres desarenadores, dos de ellos tiene actúan como reservorio y desarenador, el primer desarenador se encuentra próximo a la primera bocatoma al ingreso del pueblo de “chanca” y el segundo desarenador se encuentra, “Llactabamba” y el otro a 30 metros de la cámara de carga, cuya construcción tiene las siguientes dimensiones y el estado en que se encuentran.

Reservorio 01. Tiene el piso con una cierta inclinación para facilitar la evacuación del material cediendo y luego es desalojado por medio de apertura de la compuerta de limpia, con una profundidad de 2.00 metros, ancho de 4.00 metros y un largo de 6 metros, en la que este desarenador se encuentra en un deterioro muy grave por lo tanto debe proceder a construirlo y reacondicionarlo para un buen funcionamiento.

Reservorio 02. Se encuentra a una altitud de 3573 msnm, tiene el piso con una cierta inclinación para facilitar la evacuación del material cediendo y luego es desalojado por medio de apertura de la compuerta de limpia, con una profundidad de 2.00 metros, ancho de 7.00 metros y un largo de 6 metros, en la que este desarenador se encuentra en un deterioro muy grave por lo tanto debe proceder a reconstruirlo en una intersección por donde desembocaba el agua para lo cual necesita un reacondicionarlo para un buen funcionamiento.

Desarenador 03. Se encuentra a 30 metros de la cámara de carga se encuentra el desarenador principal que se encuentra con tres cámaras cada cámara tiene un piso una cierta inclinación para facilitar la evacuación del material cediendo y luego es desalojado por medio de apertura de la compuerta de limpia, con una profundidad de 2.00 metros, ancho de 9.63 metros y un largo de

11.20 metros, en que dividiremos por secciones, la cámara a tiene la siguientes dimensión de 5.36 x 5.07 metros, y la cámara b tiene las siguientes dimisiones de 9.63 x 4.11 metros, y por último la cámara c cuanta con las siguientes dimensiones 5.34 x 4.35, en las cámaras a y c se encuentran el canal de conducción. En la que este desarenador se encuentra en un deterioro regula por lo tanto debe proceder un reacondicionamiento y cambios de accesorios con las compuerta y tubería que se encuentran este desarenado se encuentra a una altitud de 3563 msnm.

6.1.4. CÁMARA DE CARGA

Como componente básico de una mini central donde llega el agua purificada, entregando la energía potencial y es convertida en energía cinética en la turbina. Notamos que el volumen es constante para que cubra la necesidad de la turbina, donde ejerce amortiguación contra las sobrepresiones dinámica contando así con una chimenea de equilibrio.

La cámara de carga se encuentra a una altitud de 3560 msnm con las siguientes dimensiones, con una profundidad de 5 metro, un ancho de 7 x 5 con un espesor de pared de 1.00 metro en la parte superior, en la parte inferior con una espesor de pared de 3.70 metros con una chimenea de 1.00 x 1.00 metros. Esta estructura se encuentra en un regular estado necesita el mantenimiento adecuado con un reacondicionamiento en las partes mecánica y en el revestimiento de la estructura.

6.1.5. TUBERÍA DE PRESIÓN

Como elemento de conducción final que estará sometido a presión, en la cual esta tubería es de acero rolado con dimensiones y espesores diferentes; de acuerdo al perfil topográfico se ve soportes fijos. Se encontró un tramos de 2 metros de soldadura en una de las tuberías en la que se izó una inspección de toda la tubería y nos muestra que la tubería forzada puede ser recuperada con el reacondicionamiento adecuado o también puede ser remplazado con una nueva tubería ya

que en el mercado actual encontramos tuberías adecuada al presupuesto dado como es el de acero negro sin costura.

Por la cual nuestra tubería tiene las siguientes dimensiones:

- Longitud de la tubería: 420.420 (m).
- Diámetro interior: 0.54 (m).
- Diámetro interior: 0.56 (m).
- Espesor de 0.015 (m).
- Numero de codos (#): 03 unid.

6.1.6. VÁLVULA

Mecanismo de seguridad, que permite la apertura y cierre de al agua según la cantidad adecuada, se ubica al final de la tubería, el estado con que se encuentra estas válvulas es regulas por lo se requiere de un reacondicionamiento adecuado con el cambio de empaques y engrase. En cuanto las dos válvulas de apertura y cierre hacia las turbinas se encuentran en regulas estado.

6.1.7. TURBINAS

Es el mecanismo hidráulico que decepciona el impacto del agua tangencialmente en las respectivas cucharas y actúa como rueda impulsora de fuerza, el número de turbinas que tiene nuestra central hidroeléctrica es de dos grupos similares con acero de una sola pieza, esta turbia de componer de:

- Un inyector con su respectivo órgano regulador
- Carcaza que protege al rodete
- Rodete. Acero de una sola pieza

Sus dimensiones son:

- Diámetro del rodete: 564mm – 0.564m
- Velocidad angular: 900rpm
- Caudal de diseño: 184 l/s
- Altura neta: 180.2 m
- Numero de cucharas: 20 unid
- Con un dimensionamiento de cucharas:
- Ancho de la cuchara: 182.5 mm
- Altura de la cazoleta: 182.5 mm
- Profundidad de la cazoleta: 54.53mm
- El sistema de trasmisión de potencia mecánica es directo

6.1.8. REGULADORES

Los reguladores son idénticos oleomecánicos, estos reguladores son automáticos, para lo cual necesitamos equipos nuevos ya que nuestro presupuesto los permite.

6.1.9. ALTERNADORES

Los alternadores son idénticos cuyas características son:

- Potencia nominal: 325 KVA
- Un mero de fases: 3
- Tensión de generación: 29.8 A
- Frecuencia: 60 Hz
- Numero de revoluciones: 900 rpm
- Factor de potencia 0.8

El alternador 01 se encuentra en regular estado, en cambio el alternador 02 se encuentra en mal estado ya que fue desmantelado sus piezas, por lo cual se requiere de un cambio con nuevos equipos de generadores o alternadores.

6.1.10. EXCITATRIZ

Elemento auxiliar, es montada sobre el eje del rotor principal del generador:

- Con una potencia de 3.4 kW
- Con una tensión de 110 v
- Y una corriente de 56 A
- Con un número de revoluciones de 900 rpm

6.1.11. TABLERO DE CONTROL

Este tablero de mármol con una dimensión de 3 por 2 metros está conformado por:

Grupo de generación

- 02 amperímetros en escala 0 a 50 A
- 02 voltímetros en escala de 0 a 6500 V
- 02 frecuencímetros con escala de 50 a 60 Hz
- 01 voltímetro de 0 a 700 KW

6.1.12. TABLERO DE EXCITACIÓN

- 01 amperímetros en escala de 0 a 30 A
- 01 voltímetro con escala de 0 a 300 V

El estado de este tablero que se divide en dos se encuentra en mal estado ya que se requiere de un cambio general, en la actualidad existen tableros electrónicos, por lo que el requerimiento se efectuara con las siguientes especificaciones técnicas mencionadas.

6.1.13. TRASFOMADORES

Maquina estática que sirve como elevador y regulador de energía su característica que se deben tomar para el requerimiento son:

- Sistema: trifásico
- Potencia nominal: 12 kva
- Atención primaria: 6300 v
- Tención secundaria: 220 v
- Frecuencia 60 Hz

Sistema De Protección

- Fusibles
- Interruptores termomagnéticos
- Transformadores de corriente

6.1.14. CASA DE MAQUINAS

Esta infraestructura que aloja a las maquinas mecánicas y equipos eléctricos, está construida con adobe, con un revoque de tierra, con un techo de calamina. El piso esta vaciado con concreto sus dimisiones son:

- Área de 170.26 m²
- Altura de 6 m
- Con un espesor de pared: 0.70m
- Con 03 puerta de ingreso y salida
- Una sola ventana

Para la casa de máquinas necesitamos una nueva infraestructura ya que optamos por una infraestructura de concreto armado con cercos de ladrillo y cemento, con un techo de teja andina y soportes para el puente grúa con columnas de acero tubos cuadrados de 100x100 milímetros.

7. ANÁLISIS DE LOS NUEVO CÁLCULOS PARA LA POTENCIA DE 400 KW SEGÚN EL REACONDICIONAMIENTO

Caudal De Diseño

Tabla 23: Datos Técnicos De Caudales

<i>Caudal rio chanca</i>	<i>0.24</i>	<i>m3/seg</i>
<i>Caudal rio Llactabamba</i>	<i>0.225</i>	<i>m3/seg</i>
<i>Pérdidas totales</i>	<i>0.122</i>	<i>m3/seg</i>
<i>Total de caudal para la M.C.H. URPAY</i>	<i>0.34</i>	<i>m3/seg</i>

Fuente: análisis de datos propios

Perdidas En Tubería

Tabla 24: Perdidas En Tubería

<i>Perdida en la rejilla</i>	<i>0.77</i>	<i>m</i>
<i>Perdidas en entrada tubería</i>	<i>0.127</i>	<i>m</i>
<i>Perdida por fricción</i>	<i>4.23</i>	<i>m</i>
<i>Perdida tramo 01</i>	<i>0.903</i>	<i>m</i>
<i>Perdida tramo 02</i>	<i>1.56</i>	<i>m</i>
<i>Perdida tramo 03</i>	<i>1.68</i>	<i>m</i>
<i>Perdida tramo 04</i>	<i>0.36</i>	<i>m</i>
<i>Perdida tramo 05</i>	<i>0.14</i>	<i>m</i>
<i>Pérdidas totales</i>	<i>9.77</i>	<i>m</i>

Fuente: análisis de datos propios

Perdidas En Codos

Tabla 25: Perdidas En Codos

<i>Perdida en codo 01</i>	<i>0.00892</i>	<i>m</i>
<i>Perdida en codo 02</i>	<i>0.0187</i>	<i>m</i>
<i>Perdida totales</i>	<i>0.02762</i>	<i>m</i>

Fuente: análisis de datos propios

Perdidas En Bifurcación

Tabla 26: Perdidas En Bifurcación

<i>Perdida en bifurcación 01 Angulo de 60°</i>	<i>0.084</i>	<i>m</i>
<i>Perdida totales</i>	<i>0.084</i>	<i>m</i>

Fuente: análisis de datos propios

Perdidas En Válvula*Tabla 27: perdidas en válvulas*

<i>Perdida en válvula principal</i>	<i>0.292</i>	<i>m</i>
<i>Pérdidas totales</i>	<i>0.292</i>	<i>m</i>

*Fuente: análisis de datos propios***Eficiencia***Tabla 28: eficiencia de equipos mecánicos y electromecánicos*

<i>Eficiencia en turbinas</i>	<i>0.80</i>
<i>Eficiencia en generador</i>	<i>0.90</i>
<i>Eficiencia en transmisión</i>	<i>1</i>

*Fuente: análisis de datos propios***Pérdidas totales***Tabla 29: perdidas total en accesorios y tubería*

<i>Pérdidas totales</i>		
<i>Pérdidas totales</i>	<i>10.17</i>	<i>m</i>
<i>Pérdida total con perdidas</i>	<i>174.28</i>	<i>m</i>

*Fuente: análisis de datos propios***Potencia neta**

$$P_n = 9.81 * Q_n * H_B$$

$$P_n = 9.81 * 0.34m^3/seg * 195m$$

$$P_n = 650.403 \text{ kw}$$

Potencia con altura neta

$$P_n = 9.81 * Q_n * H_N$$

$$P_n = 9.81 * 0.34m^3/seg * 184.45m$$

$$P_n = 615.21 \text{ kw}$$

Potencia con eficiencia y pérdidas totales**Perdida totales**

$$P_n = 9.81 * Q_n * H_N * \eta_t * \eta_g * \eta_t$$

$$P_n = 9.81 * 0.34m^3/seg * 174.28m * 0.8 * 0.9 * 0.9$$

$$P_n = 401.790 \text{ kw}$$

8. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PROYECTO

Tabla 30: Obras De Derivación E Infraestructura

OBRAS DE DERIVACIÓN E INFRAESTRUCTURA			
	BOCATOMA 01		
1.	Tipo	derivadora	
2.	Capacidad de captación	0.22	m3/seg
3.	Ancho del canal de captación	1.10	m
4.	Longitud del canal de captación	7.52	m
	BOCATOMA 02		
1.	Tipo	Sumergida – Tirol	-
2.	Capacidad de captación	0.24	m3/seg
3.	Ancho del canal de captación	0.98	m
4.	Longitud del canal de captación	8.30	m
	DESARENADOR 01		
1.	Capacidad	0.22	m3/seg
2.	Tipo de limpieza	Intermitente	
	DESARENADOR 02		
4.	Capacidad	0.344	m3/seg
5.	Tipo de limpieza	Intermitente	-
	DESARENADOR PRINCIPAL		
1.	Capacidad	0.344	m3/seg
2.	Tipo de limpieza	Intermitente	-
3.	Numero de cámaras	03	unid
4.	Dimensiones de la cámara a	5.39 x 5.07	m
5.	Dimensiones de la cámara b	9.63 x 11.20	m
6.	Dimensiones de la cámara c	5.34 x 4.35	m
7.	Compuertas de admisión	0.73x 0.80	m
8.	Compuerta de purga	02 unid de 0.73 x 0.70	m
9.	Volumen promedio	140	m3
	CÁMARA DE CARGA		
1.	Nivel normal de operación	3519.981	msnm
2.	Nivel máximo de operación	3520.931	msnm
3.	Nivel mínimo de operación	3516.461	msnm
4.	Longitud	7	ml
5.	Ancho	5	m
6.	Profundidad	5	m

Fuente: análisis de datos propios

	CASA DE MAQUINAS		
1.	Nivel de piso acabado	3321.417	msnm
2.	Longitud	13.200	ml
3.	Ancho	14.800	ml
4.	Altura máxima	6	m

Fuente: análisis de datos propios

Tabla 31: Equipamiento Mecánico

EQUIPAMIENTO MECÁNICO			
	TUBERÍA FORZADA		
1.	Numero de tuberías	01	unid
2.	Diámetro interior	406.400	mm
3.	Diámetro exterior	419.400	mm
4.	Tipo	Schedule 40	-
5.	Material	Acero negro sin costura	-
6.	Uniones	Con soldadura	-
7.	Nivel de eje superior	3516.561	msnm
8.	Nivel de eje inferior	3321.767	msnm
9.	Longitud total	420.	m
10.	Caudal de diseño	0.344	m ³ /seg
11.	Velocidad máxima de flujo	1.7	m/s
	PANTALÓN DE DERIVACIÓN		
1.	Material	Acero E-24	-
2.	Diámetro de entrada	406.400	mm
3.	Diámetro de salida	228.600	mm
	TURBINAS		
1.	Tipo	Pelton	-
2.	Numero	Dos	unid
3.	Caudal de turbina	0.184	m ³ /seg
4.	Salto neto	180.200	m
5.	Potencia por unidad	295	kw
6.	Velocidad nominal	900	rpm
	VÁLVULAS		
1.	tipo	Compuerta o Esférica	-
2.	Diámetro válvula 01	22	Pulg
3.	Diámetro válvulas 02	14	pulg
4.	material	Acero fundido con bridas	

Fuente: análisis de datos propios

<i>INYECTORES</i>			
1.	<i>Tipo</i>	<i>Válvula aguja</i>	
2.	<i>material</i>	<i>acero inoxidable</i>	
3.	<i>Diámetro del chorro</i>	<i>0.0609</i>	<i>m</i>
<i>REGULADORES</i>			
1.	<i>tipo</i>	<i>Automático</i>	-
2.	<i>material</i>	<i>acero</i>	-
3.	<i>Electrohidráulico o electrónico</i>	<i>electrónico</i>	-
4.	<i>Regulación</i>	<i>Caudal</i>	-
<i>PUENTE GRÚA</i>			
1.	<i>Material</i>	<i>Acero</i>	
2.	<i>Grúa</i>	<i>01 Teclé</i>	<i>Unid</i>
3.	<i>Ruedas</i>	<i>04 rueda para riel</i>	-
4.	<i>Soportes</i>	<i>Rieles en ambos lados</i>	-
5.	<i>Anclaje de turbina a puente</i>	<i>Cadenas</i>	-
6.	<i>Longitud de deslice</i>	<i>8</i>	<i>m</i>
7.	<i>Motor eléctrico</i>	<i>5</i>	<i>hp</i>

Fuente: análisis de datos propios

Tabla 32: equipamiento eléctrico

<i>EQUIPAMIENTO ELÉCTRICO</i>			
<i>GENERADORES</i>			
1.	<i>Potencia</i>	<i>295</i>	<i>Kw</i>
2.	<i>Tención nominal</i>	<i>230</i>	<i>V</i>
3.	<i>Frecuencia</i>	<i>60</i>	<i>Hz</i>
4.	<i>Factor de potencia</i>	<i>0.8</i>	-
<i>TRASFORMADOR</i>			
1.	<i>Tipo</i>	<i>Trifásico</i>	-
2.	<i>Potencia nominal</i>	<i>630</i>	<i>Kv</i>
3.	<i>Relación de transformador</i>		-
4.	<i>Primaria</i>	<i>230</i>	<i>V</i>
5.	<i>Secundaria</i>	<i>22.9</i>	<i>Kv</i>
6.	<i>Frecuencia</i>	<i>60</i>	<i>Hz</i>
<i>TABLERO DE CONTROL</i>			
1.	<i>tipo</i>	<i>Panel vertical</i>	-
	<i>Operación</i>	<i>Paralelo</i>	-
	<i>Control</i>	<i>650</i>	<i>V</i>
<i>ILUMINACIONES</i>			
1.	<i>Tipo</i>	<i>Lámpara</i>	-
2.	<i>Potencia</i>	<i>70</i>	<i>watt</i>

Fuente: análisis de datos propios

	<i>PUESTA A TIERRA</i>		
1.	<i>Diámetro</i>	16	<i>mm</i>
2.	<i>Material</i>	<i>Cobre con núcleo de acero SAE 1020 trefilado con revestimiento de cobre</i>	-
3.	<i>Longitud</i>	2.2	<i>m</i>
4.	<i>Conductividad</i>	85	<i>%</i>
5.	<i>Conductor</i>	<i>Cobre electrolito 16</i>	<i>mm²</i>
	<i>PARARRAYOS</i>		
1.	<i>Tipo</i>	<i>Oxido metálico</i>	-
2.	<i>Tensión nominal de sistema</i>	22.9	<i>Kv</i>
3.	<i>Tención máxima de operación</i>	26	<i>Kv</i>
4.	<i>Tención máxima por fase de tierra</i>	16	<i>Kv</i>
5.	<i>Frecuencia nominal</i>	60	<i>Hz</i>
6.	<i>Neutro de red</i>	<i>Directo a tierra</i>	-
7.	<i>Tención nominal del pararrayo</i>	18	<i>Kv</i>
8.	<i>Máxima tensión de descarga de onda</i>	58	<i>Kv</i>
9.	<i>Resistencia a impulso con onda</i>	95	<i>Kv</i>
	<i>Sistema de protección</i>		
1.	<i>Fusibles</i>	-	-
2.	<i>Interruptores termomagnéticos</i>	-	-
3.	<i>Trasformadores de corriente</i>	-	-

Fuente: análisis de datos propios

9. NORMAS TÉCNICAS

Las especificaciones técnicas señalan en forma directa o implícita las normas generales para los materiales, equipos y accesorios a suministrarse, relativas a su fabricación.

Además de las normas señaladas y de las disposiciones del Reglamento Nacional de Construcciones, se aceptarán otras normas internacionales o diseños típicos equivalentes, siempre y cuando no signifiquen una reducción de la calidad, seguridad y garantía de durabilidad de los materiales y/o equipos suministrados, siendo que para este efecto se ajustaran a las siguientes normas:

- AISI Instituto Americano de Fierro y Acero
- ANSI Instituto Americano de Normas
- ASME Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos
- ASTM Sociedad Americana de Pruebas y Materiales
- DIN Instituto Alemán de Normas
- SI Sistema Internacional de Unidades
- SAE Sociedad de Ingenieros de Automóviles
- AISC Instituto de la Construcción en Acero
- ISO Organización Internacional de Normalización

Los materiales de la tubería de presión y sus accesorios serán los apropiados para la aplicación.

En general los materiales serán seleccionados, según lo apropiado de una o más de las siguientes especificaciones. Requisitos específicos podrán ser mostrados en los planos del Diseño Básico de Ingeniería, tales requisitos regirán esta cláusula de la especificación.

- Normas para Tubería fabricada con planchas. (Rolada y soldada)
- ASME sección VIII
- ASTM A 283 GR c hasta 16 mm de espesor.
- ASTM A 285 GR A o B
- ASTM A 515 GR 55 o 60.
- Plancha de acero estructural laminado en caliente calidad EC-24.

10. TOLERANCIAS

Para tuberías según la norma ASTM deberá cumplir con las especificaciones técnicas de la normas ASTM o API.

Tolerancia para toda tubería fabricada con planchas deberán cumplir con las normas API 5L.

- Dimensionamiento
- Rectitud
- Perpendicularidad de extremos
- Largo

11. PINTADO Y PROTECCIÓN ANTICORROSIVA

Al término de revisión e inspección del reacondicionamiento de la tubería se debe tomar en cuenta la aplicación de pintura según norma o especificaciones.

- Especificaciones para la preparación en el pintado de superficies en acero ("Pictorial Surfase Preparation Standards for Painting Steel Surfaces").
- Especificaciones americanas del consejo de pinturas en estructuras en acero
- Especificaciones Suecas Especificaciones USA (Americanas) SIS 05 59 00 SSP, SA3, SA2.5, SA2
- Limpieza con arenado
- Espesor de la pintura

12. BRIDAS PERNOS Y TUERCAS

Para las bridad debemos tomar en cuenta las siguientes normas ya se de fabricación o de selección.

Los materiales recomendados para bridas deben ser de acero ya sea fundido o forjado de acuerdo a las siguientes normas ASTM:

- Forjadura ASTM A 181 GRI
- Planchas ASTM A 518 GR 55 o 50.
- ASTM A 193 GR B7
- Pernos ASTM A 194 GR ZH

13. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y NORMAS COMPLEMENTARIA

Las presentes especificaciones se complementan con las normas y requerimientos del Reglamento Nacional de Construcciones, Normas y requerimientos del ACI (American Concrete Institute), del USBR (U.S Bureau of Reclamation), del ASTM (American Society for Testing Materials) previa aprobación del Ing. Inspector.

CAPITULO VII

ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO

7. GENERALIDADES

La mini Central Hidroeléctrica de urpay permitirá satisfacer los requerimientos de potencia y energía eléctrica del distrito de Urcos, huaru y el centro poblado de urpay y comunidades en que se unida a la red de energía que administra electro Perú, la ejecución de este Proyecto de reacondicionamiento os permitirá satisfacer una necesidad, ya que se alcanzado un desarrollo acelerado en los últimos años y la demanda de energía es creciente, la Empresa Concesionaria deberá priorizar este proyecto a fin de cubrir sus necesidades de comercializar energía producida por ellos mismos.

7.1. OBJETIVO DE LA EVALUACIÓN ECONÓMICA

El objetivo de la presente evaluación económica es calcular los indicadores económicos del proyecto de reacondicionamiento, con el propósito de determinar su rentabilidad y verificar si la inversión requerida es aceptable para su recuperación y funcionamiento, en un tiempo corto.

7.2. ALTERNATIVAS DE GENERACIÓN

Existen dos posibilidades de tipo de generación, la generación hidráulica y la generación térmica. La comparación técnica económica entre los dos tipos de centrales de generación parte de la necesidad de obtener las mejores condiciones o el mejor precio del Kw-hora final producido y que será vendido a los usuarios.

Las dos posibilidades de generación son una alternativa real y para su selección se deberá tener el costo del KW instalado, el número de horas de utilización, sus costos de operación y mantenimiento y otras variables que pasaremos a exponer.

7.3. ANÁLISIS ECONÓMICO DE ALTERNATIVAS DE GENERACIÓN

7.3.1. CONSIDERACIONES GENERALES

Existen dos posibilidades de tipo de generación, la generación hidráulica y la generación térmica. La comparación técnica económica entre los dos tipos de centrales de generación parte de la necesidad de obtener las mejores condiciones o el mejor precio del KW-hora final producido y que será vendido a los usuarios.

7.3.2. COSTOS FIJOS Y COSTOS VARIABLES

El precio de la energía eléctrica en las líneas de salida de la central está determinado por el gasto necesario para su producción, estos gastos se componen de costo fijo y un costo variable que depende de la carga suministrada

7.3.3. COSTOS FIJOS

Son aquellos costos que están directamente relacionados con el costo de la construcción y equipamiento, se debe considerar los siguientes aspectos:

Servicio de capital inmovilizado, o sea remuneración de capital y amortización del capital que considera los siguientes rubros:

Interés: de bonos y dividendo de acciones incluyendo los interés pasivos durante el período de construcción. Para nuestro caso podemos tomar interés anual de la banca comercial o banca de fomento entre 8% al 12%.

Amortización: se debe construir un fondo de amortización con el fin de establecer una reserva apta a renovar la planta en el momento que esta haya cumplido con su vida útil y quede inutilizada. Para este efecto consideramos una tasa de amortización del 2%.

Cargas tributarias: que tiene una incidencia mínima y no se tiene en cuenta para los cálculos, en todo caso la carga tributaria son asumidas por el consumidor final.

Gastos de operación: incluye los sueldos herramientas, enseres, derechos de uso de agua etc. Para nuestro caso tomaremos una tasa del 1 %.

Gastos del reacondicionamiento y renovación

Que incluye el reemplazo periódico de las piezas desgastadas, en el reacondicionamiento, incluyen el mantenimiento preventivo y correctivo planificado tanto en obras electromecánicas y obras civiles. Estos gastos aparecen al inicio de la obra de reacondicionamiento hasta la conclusión de obra y a partir del segundo o tercer año de ejercicio alcanzando un a tasa entre 1 a 2% anual aparecerán los gastos en mantenimiento.

La suma de los gastos fijos detallada acumula una tasa global del 15 al 17% que es aceptable en caso de centrales eléctricas.

7.3.4. COSTOS VARIABLES

Dentro de los costos variables se consideran los siguientes aspectos:

Gastos de repuesto o piezas del equipo Este valor es importante en el costo de producción de las centrales hidroeléctricas, dependiendo del número de horas que se utilizara las máquinas para la generaciones energía eléctrica en kW.

Gasto de lubricantes: comparados costo de los lubricantes es prácticamente despreciable.

El número de horas de utilización: depende del mercado y de las características de los consumidores de energía eléctrica. En el caso del sistema Electro Sur este.

7.3.5. COSTOS TOTALES

Los costos totales (gastos anuales) será la suma de los gastos fijos y variables. Los gastos fijos incluirán el costo total de la central afectado por los coeficientes de interés y amortización y depreciación debiendo tomar en cuenta los gastos de que se izó en el reacondicionamiento de toda la mini central hidroeléctrica y también contando los equipos a cambiarse o reemplazar.

Metrado Y Presupuestos

Excel presupuestos

B.-Costos Directos De La Instalación

Excel presupuestos

8. EVALUACIÓN ECONÓMICA FINANCIERA DEL PROYECTO

8.1. INDICADORES ECONÓMICOS UTILIZADOS

Para la evaluación económica financiera del proyecto, necesitamos efectuar una proyección de los de todos los ingresos y egresos que sucedan a lo largo de la vida útil del proyecto que en nuestro caso será de diez años (10 años).

Los gastos e ingresos asociados a un determinado sistema técnico de explotación de energía serán determinados teniendo por un lado el precio del KWH en barras según las tarifas dados por OSINERG mediante la Gerencia de Tarifas, los egresos del proyecto corresponden a todos los gastos operativos así como gastos de mantenimiento preventivo y correctivo programados.

En la presente evaluación económica del Proyecto usaremos el método dinámico para el cálculo de rentabilidad del proyecto. Los métodos consideran las diferencias de los pagos según la fecha de vencimiento. En otras palabras; en los métodos dinámicos, todos los pagos vinculados a la inversión se actualizan a la fecha de puesta en marcha (tiempo cero).

Las variables que entran a tallar en esta evaluación son las siguientes:

Tasa de descuento: En los cálculos económicos a realizarse, tomaremos el Dólar Americano como unidad monetaria, por lo que fijaremos una tasa de interés comercial o de fomento entre 8 a 11%, que es un valor promedio a nivel mundial.

Vida útil de la planta: Este parámetro es importante y sirve para el análisis de la rentabilidad del proyecto, la vida útil de la planta se tomara teniendo en cuenta datos reales de vida útil de otras

plantas que están o han estado en operación, esta variable dependerá de calidad de los equipos y obras civiles. Para nuestro caso tomaremos una vida útil de 10 años.

Gastos de inversión: Indica el volumen de las inversiones necesarias efectuadas para echar a caminar el proyecto.

Valor residual de la planta: Se debe asignar un valor residual de la planta una vez que ha concluido la vida útil y/o el período de operación previsto en el proyecto.

Costos de mantenimiento y operación: Es difícil estimar con exactitud el gasto que podría erogarse el mantenimiento y reparaciones de la planta para mantenerla operativa. En nuestro caso estimamos que un gasto anual del 3% del costo de la inversión cubre todas estas necesidades. En forma confiable.

Costos de recursos energéticos: En el caso de las centrales termoeléctrica este rubro representa el costo del combustible por cada KWH producido, en el caso de la central hidráulica este gasto se hace cero por que se tiene el recurso hidráulico disponible directa y gratuitamente en la calidad y cantidad requerida.

Egresos corrientes totales: Es la suma de todos los costos explicados anteriormente.

Ingresos del proyecto de inversión: Para este caso se obtiene los siguientes ingresos:

- Procedente del ahorro de energía como consecuencia de no utilizar grupos diésel.
- Ingresos procedentes de la comercialización o uso propio de bienes producidos (energía producida) Estos ingresos los podremos calcular efectuando una proyección de las ventas de energía durante la vida útil del proyecto.

Retornos Brutos: Los retornos corrientes brutos anuales resultan del saldo de la partida ingresos y la partida de egresos. La denominación bruto la utilizamos para indicar que incluyen las depreciaciones.

Depreciaciones: Representa las devaluaciones periódicas de los activos fijos del proyecto en mención.

Utilidades: Se refiere a la utilidad del período, asociado a la inflación y tasa de interés total de la inversión.

Tasa general de Inflación/tasas de interés real: Para un cálculo teórico se parte del supuesto de que los precios actuales seguirán vigentes en el futuro (En dólares), es decir, se mantiene constantes, esta hipótesis permite realizar el cálculo de rentabilidad sobre la base de retornos anuales constantes.

9. CALCULO DE INGRESOS Y DESEMBOLSO

El Poder económico financiero del proyecto deberá ser analizado desde el punto de vista de un negocio de generación teniendo en cuenta la tendencia del comportamiento del sistema eléctrico de cusco, Electro Sur Este ha llegado a la conclusión que generando su propia electricidad en zonas asiladas o alejadas de los principales centros de generación les reporta ventajas económicas.

9.1. CALCULO DE INGRESOS.

El cálculo de ingresos provendrá netamente de la venta de energía eléctrica a su propio sistema de los cuales son concesionarios.

9.2. DEFINICIÓN Y CÁLCULO DE DESEMBOLSOS

Aunque en el capítulo de ingeniería del Proyecto se presentó los costos de inversión fija, es necesario presentar en la evaluación financiera los costos totales de inversión. Los costos totales de inversión se definen como la suma del capital fijo y el capital de explotación neta.

Activos fijos

Como ya se indicó, los activos fijos comprenden las inversiones fijas y los costos de capital previos a la producción. Comprende lo siguiente:

- Inversiones fijas
- Gastos de capital previos a la producción
- Capital de explotación neta.

Costos totales de Inversión

Se calcula a partir de las cifras de los gastos previos a la producción, las inversiones fijas y el capital de explotación neto. Cabe anotar que cuando se desglosan las inversiones iniciales y luego los aumentos subsiguientes, hasta que se alcanza la plena capacidad.

Reinversiones

Lo expuesto anteriormente explica de la misma manera para toda posición de reinversión teniendo en cuenta el momento en que se haga necesario, en tiempos de producción habrá que tomar en cuenta.

10. ANÁLISIS ECONÓMICO DEL PRESUPUESTO

Resumen económico del proyecto de rehabilitación

Tabla 33: Resumen Económico

<i>ítem</i>	<i>especificaciones</i>	<i>precio US\$</i>
<i>0.1</i>	<i>Obras civiles vías, captación, canales , desarenadores, cámara de carga, tubería forzada y casa de maquinas</i>	<i>290,200.94</i>
<i>0.2</i>	<i>Obras electromecánicas</i>	<i>257,248.37</i>
	<i>Total en dólares US\$</i>	<i>547,449.31</i>
	<i>tipo de cambio</i>	<i>3.3</i>
	<i>Total en soles S/.</i>	<i>1,806,582.72</i>

Fuente: Análisis de Datos Propios

11. INDICADORES ECONÓMICOS

Valores Económicos Del Proyecto de Reacondicionamiento

Tabla 34: valor económico de inversión para el proyecto

<i>INVERSIÓN DEL PROYECTO</i>	547,449.31	US\$			
<i>Potencia (Kw)</i>	400.00				
<i>FC</i>	0.80				
<i>Horas al año</i>	8,040.00		<i>Costo del kwh</i>		<i>US(\$)</i>
<i>Energía al año (Kwh)</i>	3,216,000.00	x	0.055	US\$	176,880.00
<i>Energía al año (Mwh)</i>	3,504.00	<i>EGRESOS</i>	10.00%		54,744.93
			<i>Neto Anuales</i>		122,136.07
				S/.	403,045.73

Fuente: Análisis de Datos Propios

Inversión Del Proyecto A Ejecutar

Tabla 35: Inversión Total del Proyecto

<i>INVERSIÓN DEL PROYECTO</i>			
<i>Inversión</i>			<i>US(\$)</i>
<i>Reacondicionamiento de la M.C.H.Urpay</i>			547,449.31
<i>Total (US\$)</i>			547,449.31

Fuente: Análisis de Datos Propios

Tabla 36: Egreso Total

<i>egresos totales anuales en operación, mantenimiento, intereses</i>			
<i>Ahorros</i>		<i>US(\$)</i>	<i>S/.</i>
<i>Gasto en 10% (inversión)</i>		54,744.93	
	<i>Total</i>	54,744.93	180,658.269

Fuente: Análisis de Datos Propios

12. CALCULO DE RENTABILIDAD POR MÉTODOS DINÁMICOS

12.1. VALOR ACTUAL NETO (VAN)

El valor neto actual (V_0) de una inversión en la fecha $t = 0$ resulta de la suma de los valores actuales a dicha fecha de todas las entradas y salidas vinculadas con la inversión del proyecto.

Para simplificar el cálculo podemos extraer el saldo de los egresos o ingresos corrientes generalmente como retornos anuales. Así el VAN puede ser calculado también como resultados de la suma de los valores actuales de los retornos más el valor actual de liquidación menos el valor actual de los gastos de inversión.

$$VAN = I_0 - \frac{BE}{(1+i)} - \frac{BE_2}{(1+i)^2} - \frac{BE_3}{(1+i)^3} - \dots - \frac{BE_{n-1}}{(1+i)^{n-1}} - \frac{BE_n}{(1+i)^n}$$

Donde:

- I_0 : Inversión inicial
- BE : Beneficios esperados
- n : períodos (años) del Proyecto.
- I : tasa de interés.

Reemplazando valores tenemos:

$VAN =$

12.2. EVALUACIÓN DEL VAN:

Si:

- $VAN > 0$: La inversión es rentable.
- $VAN < 0$: La inversión no es rentable.
- $VAN = 0$: Es indiferente invertir o no.

Como se puede apreciar en los resultados el VAN hallado es rentable para el monto de la inversión determinada en el reacondicionamiento de la Mini Central Hidroeléctrica de Urpay.

- Sumatoria desde $t=0$ hasta T
- Valor actual de la inversión en el momento $t=0$
- Retorno en el año de la puesta en marcha.
- Retorno en la fecha t .
- Gastos de inversión en el momento $t=0$
- Gastos de inversión en la fecha t .
- Factor de descuento
- Tasa de descuento
- Fecha de pago

Valor de liquidación (o valor residual) al final de la vida útil.

Pago neto en la fecha t .

Si los gastos de inversión se pagan en su totalidad en $t=0$ y se obtienen retornos en los años $t = 1...T$ la fórmula se simplificará como sigue:

Con la cual obtenemos el cálculo del VAN para el caso de la Mini Central Hidroeléctrica, presentamos tres cuadros con tres tipos de escenarios 1,2 y 3.

Al aplicar el método del VAN la inversión es considerada ventajosa sólo si su valor actual es por lo menos igual a cero. Un valor actual negativo indica que no se obtendrá un rédito mínimo deseado para el capital invertido. Un valor actual mayor que cero que es nuestro caso, significa que el interés obtenido es superior a la tasa de descuento, por lo que la inversión será tanto más ventajosa, cuanto más alto resulte el valor actual.

Flujo de caja de 10 años de tiempo de vida del proyecto

Tabla 37: Flujo de Caja

FLUJO DE CAJA DE 10 AÑOS DE TIEMPO DE VIDA DEL PROYECTO				
	DESEMBOLOS	547,449.31		12 % = 0.12
N°	TIEMPO	FLUJO DE CAJA	TASA DE DESCUENTO %	VALOR PRESENTE
1	ingreso año 2020	122,135.07	0.12	109,049.17
2	ingreso año 2021	122,135.07	0.12	97,365.33
3	ingreso año 2022	122,135.07	0.12	86,933.33
4	ingreso año 2023	122,135.07	0.12	77,290.04
5	ingreso año 2024	122,135.07	0.12	69,302.72
6	ingreso año 2025	122,135.07	0.12	61,877.43
7	ingreso año 2026	122,135.07	0.12	55,328.43
8	ingreso año 2027	122,135.07	0.12	44,247.70
9	ingreso año 2028	122,135.07	0.12	49,328.31
10	ingreso año 2029	122,135.07	0.12	39,324.22
			TOTAL	779,589.91
	VALOR ACTUAL NETO (VAN) MANUAL			232,140.60
	VALOR ACTUAL NETO DEL (VAN)			232,140.60

Fuente: Análisis de Datos Propios

13. TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

Puede ser considerado como una forma especial del método valor actual, expuesto anteriormente.

Mientras que el método del valor actual se parte de un interés.

La Tasa Interna de Retorno es la máxima tasa de interés (r) que hace igual a cero el VAN, quedando la ecuación anterior de la siguiente manera:

$$\text{VAN} = -I_0 + \frac{BE_1}{(1+r)} + \frac{BE_2}{(1+r)^2} + \frac{BE_3}{(1+r)^3} + \dots + \frac{B_{En-1}}{(1+r)^{n-1}} + \frac{B_{En}}{(1+r)^n} = 0 \dots \dots \dots 2.82$$

Dónde:

r: Tasa Interna de Retorno:

El cálculo del TIR está relacionado con el VAN puesto que se utilizaran la misma tasa de interés y los mismos datos de flujo de caja, los resultados obtenidos se muestran en los cuadros respectivos para tres escenarios.

Tabla 38: cálculo de tasa interna

<i>CALCULO DE LA TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)</i>			
	<i>DESEMBOLSO</i>	<i>US\$.</i>	<i>-547,449.31</i>
<i>N°</i>	<i>TIEMPO</i>		<i>FLUJO DE CAJA</i>
<i>1</i>	<i>ingreso año 2020</i>		<i>122,135.07</i>
<i>2</i>	<i>ingreso año 2021</i>		<i>122,135.07</i>
<i>3</i>	<i>ingreso año 2022</i>		<i>122,135.07</i>
<i>4</i>	<i>ingreso año 2023</i>		<i>122,135.07</i>
<i>5</i>	<i>ingreso año 2024</i>		<i>122,135.07</i>
<i>6</i>	<i>ingreso año 2025</i>		<i>122,135.07</i>
<i>7</i>	<i>ingreso año 2026</i>		<i>122,135.07</i>
<i>8</i>	<i>ingreso año 2027</i>		<i>122,135.07</i>
<i>9</i>	<i>ingreso año 2028</i>		<i>122,135.07</i>
<i>10</i>	<i>ingreso año 2029</i>		<i>122,135.07</i>
	<i>VALOR (TIR)</i>		<i>18 %</i>

Fuente: Análisis de Datos Propios

14. FINANCIAMIENTO DEL PROYECTO.

Financiamiento Del Proyecto

La asignación de recursos financieros al Proyecto constituye un requisito previo, obvio y básico para hacer realidad el proyecto. El estudio de viabilidad no sería muy útil si no estaría apoyada por justificaciones razonables que la obtengan conclusiones posibles y satisfactorias.

Fuentes De Financiación

La Planta general de financiación para los proyectos en general consiste en satisfacer las necesidades de capital de inversión inicial mediante participación en el capital social y préstamos a largo plazo, en proporciones adecuadas y satisfactorias las necesidades de capital de

explotación mediante préstamos adicionales a corto y mediano plazo de fuentes bancarias nacionales.

Participación De Capital Propio

La proporción entre el préstamo bancario y el capital propio la condiciona las características del préstamo en donde el banco solicita que el usuario debe participar con un porcentaje determinado de aporte propio para el financiamiento.

Cuanto mayor sea la proporción de financiamiento mediante préstamo mayor serán las obligaciones por concepto de interés. Por lo tanto se deberán evaluar cuidadosamente las consecuencias de la adopción de la fórmula de financiación que debe ser compatible con los rendimientos económicos generales.

Financiación Mediante Préstamos

Dado que es factible obtener préstamos, el proceso de financiación del proyecto se inicia con la medida de dicha factibilidad .Para nuestro caso se hará el financiamiento mediante un préstamo a fondos provenientes del gobierno Central por intermedio de diferentes entidades como FONAVI u otras.

15. PRESUPUESTO BASE

El presupuesto base del proyecto contempla el metrado de todas las obras que se llevaran a cabo a fin de efectuar la ejecución del proyecto, debemos indicar que los precios mostrados son precios de mercado puesto que se ha recurrido a la cotización de equipos de generación hidráulica y térmica que se ofrece en el mercado.

El presupuesto base está compuesto de los siguientes puntos:

a) Presupuesto base de Obras electromecánicas

Grupo hidroeléctrico.

Tuberías y accesorios.

Celda de transformación.

Montaje de tubería.

Montaje de equipo electromecánico.

b) Presupuesto de Obras Civiles.

Obras preliminares.

Obras provisionales.

Bocatoma.

Canal de aducción.

Desarenador.

Cámara de carga.

Canal.

Obras de arte.

Canal de descarga.

Casa de máquinas.

Los cuadros que se muestran a continuación muestran un resumen de los costos finales obtenidos en el presente Proyecto, en los *Anexos* se muestran los presupuestos a detalle:

CONCLUSIONES

-En el presente trabajo de investigación se efectuó el estudio del Reacondicionamiento de la Mini Central Hidroeléctrica de Urpay para la generación de una potencia de 400 kW.

-Se realizó una evaluación general en las obras civiles que son necesarias para el aprovechamiento hidráulico que se encuentran en la zona haciendo un análisis adecuado de las estructuras civiles para el embalse, captación, conducción, carga, y sostén descarga.

-Se realizó el análisis y evaluación de la tubería forzada como consta en el capítulo IV de obras mecánicas, utilizando los diagramas y ecuaciones respectivas; el análisis de rugosidad y pérdidas de energía en tuberías y válvulas antiguas y nuevas de remplazo. Habiendo concluido con realizar un cambio de tubería, (actualmente el 60% de esta tubería se encuentra en estado de corrosión; con rajaduras y el espesor reducido).

-Se realizó el análisis de los equipos mecánicos y electromecánicos en el capítulo IV y V. En el estudio de la selección de la turbina con el caudal de 0.34 m³/s actual se realizó el cálculo, análisis y diagnóstico de los dos grupos de generación donde se llegara a recuperar los inyectores y rodets pelton, por otro lado se determinó el cambio en general de toda la turbina y equipos (válvulas, reguladores de velocidad, generadores, tablero de control y componentes eléctricos, pues ya que en la actualidad estos son menos costosos y más eficientes.

-Se realizó la evaluación económica del reacondicionamiento de la Mini Central Hidroeléctrica, demostrando que es posible la recuperación del capital invertido por la venta de energía a la red. Requiriendo una inversión de S/.1,806,582.72 soles. Con la venta de energía producida a 0.055 centavos de dólar el kW/h. producirá (3, 216,000.00 kw) producirá un ingreso total de S/.403,045.731 soles al año, y un egreso total de mantenimiento, considerando egresos por administración, gastos de amortización de capital que suma a S/.180,658.27 soles. Por lo que el valor actual neto nos resultó positivo y la tasa interna de retorno también positivo nos da a entender que el proyecto de reacondicionamiento es fiable y rentable.

RECOMENDACIONES

-Es recomendable el uso de este estudio de reacondicionamiento para proyectos de recuperación y construcción de centrales hidroeléctricas y una guía para empresas o gobiernos regionales que requieran de futuros proyectos.

-Se recomienda el estudio especializado en vibraciones los componentes mecánicos. Que no se han estudiado minuciosamente en este proyecto por no ser el tema principal de este estudio.

BIBLIOGRAFÍA:

- *Robert L.Mott.1996.Mecanica De Fluidos Aplicada. 4 Ed. México: Prentice Hall*
- *Maquinas Térmicas Motoras –Pedro Fernández Díez - Universidad De Cantabria
Álvarez Flores - Callejón, Editorial Alfa Omega (2005)*
- *Turbo Maquina Hidráulicas. Claudio Mataix 1974.*
- *Fuente: Regulación De Velocidad De Las Turbinas Hidráulicas María José Barros Santos 1978*
- *Manual De Diseño, Estandarización Y Fabricación De Equipos Para Pequeñas Centrales Hidroeléctricas. Volumen II Olade, Quito 1994.*
- *Diseño De Máquinas. Robert Norton*
- *Problemas De Flujo De Fluidos. Antonio Valiente Barderas.*
- *Manual De Mini Y Micro Centrales Hidroeléctricas. ITDG PERU.1995 Lima-Perú*
- *Fuente: 1995 Intermediate Technology Development Grouo, ITDG-PERU*
- *Caicedo C. Jorge A. Diseño De Elementos De Maquina: Teoría Y Práctica. Tomo III, Primera Edición, Universidad Del Valle, Santiago De Cali 1985*
- *Zucchi G. “Turbomaquinas”, Edit. Citec 1996 U.N.T. Trujillo-Perú.*
- *Manual De Mini Y Micro Centrales Hidroeléctricas: Una Guía Para El Desarrollo De Proyectos.*
- *Federico Coz, Teodoro Sánchez Y Javier Ramírez Gastón – Lima: 1995.*
- *FINCK, Horst, OELERT Gerhard, “Guía Para El Cálculo De Rentabilidad De Proyectos Para El Abastecimiento De Energía”. GTZ, Eschbom (Alemania) ,1985.*
- *FONTAINE, Ernesto, “Evaluación Social De Proyectos”. 2da Edic, Pontificia Católica De Chile, Santiago, 1988.*
- *Wilmer, Rolf; Y Artes, Alex, “Villegge Electrification”. Vol.5, SKAT, Swiss Centre for Development Cooperation Technology and Management, Suiza, 1992.*

- *Manual De Hidráulica. Sexta Edición. Arla, S.A. De C (Acevedo N.J Y Acosta A,G 1975)*
- *Días M. S D Tosa C.R. Golpe De Ariete. Manual De Diseño De Obras Civiles. Hidrotecnia Comisión Federal De Electricidad. México 1982.*
- *Mataix C. Mecánica De Fluidos Y Maquinas Hidráulicas. Según. Edición Del Castillo S. A. México 1982.*
- *Ojeda. A. L. Hidráulicas. Conductores Con Flujo De Presión Universidad De Cauca. Popayán Colombia 19925.*
- *Suarez V.L.M Ingeniería De Presas Obras De Toma Descarga Y Desviación, Ediciones Vega. Primera Edición. 1982.*
- *Fox R, W and McDonald A. T. Introduction to Fluid Mechanics. Fourth Edition, Jhon Wiley and Sonc, Inc., Unitd States of America.1992.*
- *Novak, P. Walter Hammer and Surge Tanks International Institute for Hydraulic and Environmental Engineering.1983.*
- *Saldarriaga J.G. Hidráulica De Tuberías. Primera Edición. Mc Graw- Hill. Colombia. 1998.*
- *Silva G. L.F. Diseño De Acueductos Y Alcantarillados. Universidad De Santo Tomas Y Universidad Javeriana. 1975.*
- *Sotelo A. G. Hidráulica General. Volumen I, Editorial Limusa S.A. Sexta Edición México, 1982.*
- *White, F.M. Fluid Mechanics. Third Edition, Mc Graw, Unites States Of America.1994.*
- *Ziparro, V.J. And Hacen H. Davi´S Handbook of Applied Hydraulics. Fourth Edition. Mc Graw-Hill, Inc. United States of America. 1993.*

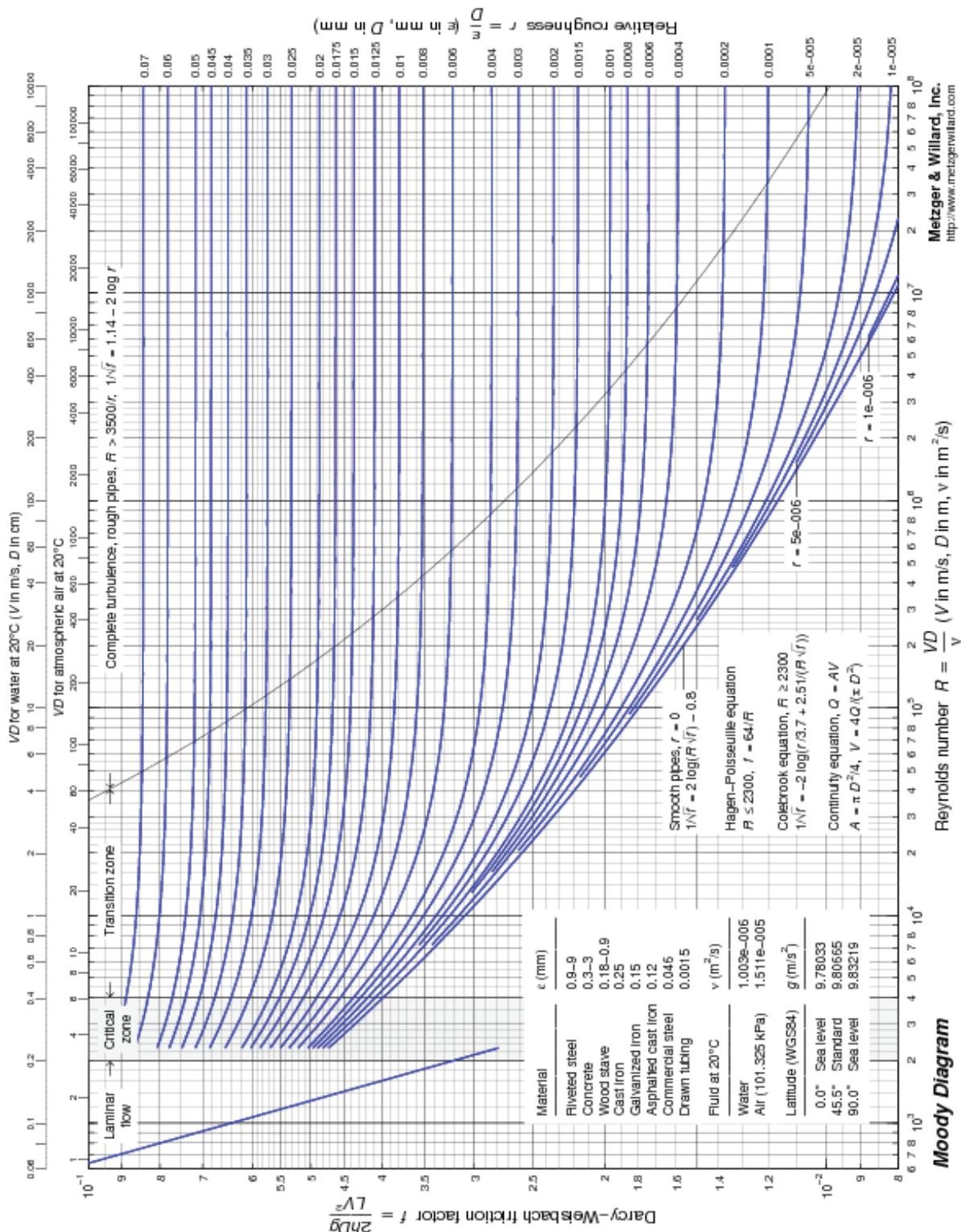
- *Ingeniería Hidráulica Y Ambiental, Vol. 30, N° 3, Ecuaciones Analíticas Para Perdidas De Energía En Bifurcación Comunes En Conductos Hidráulicos Con Circulación Forzada 2009.*
- *Afluentes De Agua Quispicanchis Decreto Peruano Resolución Directoral N° 169- 2018- Ana/Aaa Xii.Uv. Autoridad Administrativa Del Agua XII Urubamba Vilcanota.*
- *"TURBOMÁQUINAS HIDRÁULICAS" Del Ing. MANUEL POLO ENCINAS*
- *Osinergmin (Organismo Supervisor De La Investigación En Energía Y Minería) Supervisión De Contratos De Proyectos De Generación Y Trasmisión De Energía Eléctrica En Operación, Enero 2018 Perú.*
- *Misterio De Energía Y Minas, Anuario Estadístico De Electricidad 2009. Dirección General De Electricidad.*
- *Ministerio De Energía Y Minas, Balance Regional De Energía Elaborado Por Ing. Gaby Pinto Casa verde, Avidemio Torres Félix, Raffo J. Sotomayor Cabrera 2005.*
- *Tesis Rehabilitación De La Mini Central Hidroeléctrica De Limatambo Para Una Potencia De 120 Kw Para Fines Agroindustrial. Hernán Rivera Álvarez, Edwin Reynoso, Universidad Nacional De San Antonio Abad Del Cusco. 2004.*
- *Manual de capacitación en operación y mantenimiento de pequeñas centrales hidroeléctrica "Eduardo Briceño, Rafael escobar, Saúl remires- lima: soluciones prácticas –ITDG; 2008*
- *Curso mini centrales hidroeléctricas (charles Sutton) escuela de administración de aguas expositor Ing. Eusebio castro monte salinas 1995.*
- *Estudio De Impacto Ambiental De La Central Hidroeléctrica San Pedro II, Provincia De Ourense Noviembre 2007 GH13RT-ES-07.000330.00013 Rev. 0*
- *Rugosidad De Manning.*

- *[Http://Es.Scribd.Com/Doc/93379555/Apendic-E-Valores-Del-Coeficiente-De-Rugosidad-De-Manning](http://Es.Scribd.Com/Doc/93379555/Apendic-E-Valores-Del-Coeficiente-De-Rugosidad-De-Manning).*
- *[Http://Riha.Cuajae.Edu-Cu/Index.Php/Riha/Article/Viewfile/71/69](http://Riha.Cuajae.Edu-Cu/Index.Php/Riha/Article/Viewfile/71/69).*
- *Formula De Kirschmer Y Coeficiente De Forma.*
- *[Http://Artemisa.Unicauca.Edu.Co/Hdulica/Ayudas_Flibre.Pdf](http://Artemisa.Unicauca.Edu.Co/Hdulica/Ayudas_Flibre.Pdf).*
- *(<http://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/energia-hidroelectrica>)*

ANEXOS

ANEXOS

TABLAS Y DIAGRAMAS, Diagrama De Moody Fuente: Metzger & Willard, Inc



Metzger & Willard, Inc.
<http://www.metzgerwillard.com>

Reynolds number $R = \frac{VD}{\nu}$ (V in m/s, D in m, ν in m²/s)

Moody Diagram

CÁLCULOS EXCEL

EXCEL

CALCULO EXCEL TOMA DE TIEMPOS EN ESTIAJE

TIEMPOS TOMADOS DE LOS RIOS DE URPAY PARA LOS CALCULOS RESPECTIVOS					
RIO CHANCA EN TIEMPO DE ESTIAJE				CALCULO RIO CHANCA	
AREA cm2-m2	PERIMETRO		10000.00	CALCULO DEL TIEMPO PROMEDIO	
3653.17	885.52			T total (s)	ensayos
0.37				74.75	10.00
TIEMPOS TOMADOS PARA EL RIO CHANCA				tiempo promedio (s)	
N°	TIPO DE MATERIAL	LONGITUD (m)	TIEMPO (s)	7.48	
1.00	esfera tecnopor	5.00	8.09	CALCULO VELOCIDAD PROMEDIO	
2.00	esfera tecnopor	5.00	7.02	velocidad promedio(m/s)	
3.00	esfera tecnopor	5.00	8.23	0.67	
4.00	esfera tecnopor	5.00	6.51	CALCULO DEL CAUDAL PROMEDIO	
5.00	esfera tecnopor	5.00	8.11	caudal promedio (m3/seg)	
6.00	esfera tecnopor	5.00	8.02	0.24	
7.00	esfera tecnopor	5.00	7.23		
8.00	esfera tecnopor	5.00	6.23		
9.00	esfera tecnopor	5.00	7.19		
10.00	esfera tecnopor	5.00	8.12		
RIO LLACTABAMBA EN TIEMPO DE ESTIAJE				CALCULO RIO LLACTABAMBA	
AREA cm2-m2	PERIMETRO		10000.00	CALCULO DEL TIEMPO PROMEDIO	
3161.25	801.00			T total (s)	ensayos
0.32				70.39	10.00
TIEMPOS TOMADOS PARA EL RIO LLACTABAMBA				tiempo promedio (s)	
N°	TIPO DE MATERIAL	LONGITUD (m)	TIEMPO (s)	7.04	
1.00	esfera tecnopor	5.00	7.28	CALCULO VELOCIDAD PROMEDIO	
2.00	esfera tecnopor	5.00	7.71	velocidad promedio(m/s)	
3.00	esfera tecnopor	5.00	7.49	0.71	
4.00	esfera tecnopor	5.00	6.67	CALCULO DEL CAUDAL PROMEDIO	
5.00	esfera tecnopor	5.00	8.05	caudal promedio (m3/seg)	
6.00	esfera tecnopor	5.00	6.02	0.22	
7.00	esfera tecnopor	5.00	7.50		
8.00	esfera tecnopor	5.00	6.03		
9.00	esfera tecnopor	5.00	7.51		
10.00	esfera tecnopor	5.00	6.13		
RIO RUMRUNPAMPA EN TIEMPO DE ESTIAJE				CALCULO RIO RUMRUNPAMPA	
AREA cm2-m2	PERIMETRO		10000.00	CALCULO DEL TIEMPO PROMEDIO	
996.42	308.73			T total (s)	ensayos
0.10				258.58	10.00
TIEMPOS TOMADOS PARA EL RIO CHANCA				tiempo promedio (s)	
N°	TIPO DE MATERIAL	LONGITUD (m)	TIEMPO (s)	25.86	
1.00	esfera tecnopor	5.00	26.03	CALCULO VELOCIDAD PROMEDIO	
2.00	esfera tecnopor	5.00	27.10	velocidad promedio(m/s)	
3.00	esfera tecnopor	5.00	25.36	0.19	
4.00	esfera tecnopor	5.00	26.21	CALCULO DEL CAUDAL PROMEDIO	
5.00	esfera tecnopor	5.00	25.12	caudal promedio (m3/seg)	
6.00	esfera tecnopor	5.00	24.51	0.02	
7.00	esfera tecnopor	5.00	25.30		
8.00	esfera tecnopor	5.00	26.69		
9.00	esfera tecnopor	5.00	25.39		
10.00	esfera tecnopor	5.00	26.87		

CALCULO EXCEL CÁLCULO DE CAUDALES EN ESTIAJE

CALCULOS PARA LOS CAUDALES		
CAUDAL TOTAL DE LOS DOS RIO Y RIACHUELO		
caudal total (m3/seg)	0.49	
CAUDAL EXCEDENTE		
caudal exedente de los rios m3/seg	0.06	
CAUDAL DISPONIBLE DE CAPTACION		
caudal disponible (m3/seg)	0.43	
CAUDAL DISPONIBLE DE CAPTACION PARA LA MCH DE URPAY		
caudal disponible de captacion (m3/seg)	0.47	
CAUDAL DE DESVIO		
caudal para cultivos pequeños en la zona alto andinas (m3/seg)	0.03	
PERDIDAS		
evaporacion y filtraciones (m3/seg)	0.01	
CAUDAL DESVIO		
caudal para cultivos en la comunidad de urpay (m3/seg)	0.08	
CAUDAL TOTAL DE PERDIDA Y DESVIO		
caudal total de perdida (m3/seg)	0.12	
CAUDAL DE DISEÑO PARA LA MCH "URPAY"		
cauda total (m3/seg)	0.35	
POTENCIA HIDRAULICA PARA LA CENTRAL HIDROELECTRICA DE URPAY		
ALTURA 01		
altura camara de carga (boca toma) m.s.n.m (m)	3564.00	
ALTURA 02		
altura casa de maquina(valvula de ingreso ala turbina) m.s.n.m (m)	3375.00	
ALTURA NETA		perdidas
salto bruto(m)	189.00	17.47
		altura bruta perdida
		171.53
POTENCIA NETA DE NUETRA CENTRAL HIDROELECTRICA DE URPAY		
potencia Kw	643.21	potencia kw con perdiadas
		583.76
POTENCIA INSTALADA DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA DE URPAY		gravedad
EFICIENCIA DE MAQUINAS		9.81
eficiencia de la turbina %	0.86	POTENCIA INSTALADA
eficiencia de la transmision mecanica %	0.90	potencia instalada en KW
eficiencia del generador electrico %	0.90	448.06
		potencia total
		406.65

CALCULO EXCEL TOMA DE TIEMPOS EN VENIDA

TIEMPOS TOMADOS DE LOS RIOS DE URPAY PARA LOS CALCULOS RESPECTIVOS				
RIO CHANCA EN TIEMPO DE VENIDA			CALCULO RIO CHANCA	
AREA cm2-m2	PERIMETRO	10000		CALCULO DEL TIEMPO PROMEDIO
15953.97	885.52			T total (s)
1.595397				ensayos
				38.79
				10
TIEMPOS TOMADOS PARA EL RIO CHANCA				
				tiempo promedio (s)
				3.879
N°	TIPO DE MATERAL	LONGITUD (m)	TIEMPO (s)	CALCULO VELOCIDAD PROMEDIO
1	esfera tecnopor	5	3.2	velocidad promedio(m/s)
2	esfera tecnopor	5	3.9	1.288992008
3	esfera tecnopor	5	4.83	CALCULO DEL CAUDAL PROMEDIO
4	esfera tecnopor	5	3.26	caudal promedio (m3/seg)
5	esfera tecnopor	5	3.2	2.056453983
6	esfera tecnopor	5	4.89	
7	esfera tecnopor	5	4.78	
8	esfera tecnopor	5	3.79	
9	esfera tecnopor	5	3.93	
10	esfera tecnopor	5	3.01	
RIO LLACTABAMBA EN TIEMPO DE VENIDA				
RIO LLACTABAMBA EN TIEMPO DE VENIDA			CALCULO RIO LLACTABAMBA	
AREA cm2-m2	PERIMETRO	10000		CALCULO DEL TIEMPO PROMEDIO
17971.86	801			T total (s)
1.797186				ensayos
				35.28
				10
TIEMPOS TOMADOS PARA EL RIO LLACTABAMBA				
				tiempo promedio (s)
				3.528
N°	TIPODE MATERAL	LONGITUD (m)	TIEMPO (s)	CALCULO VELOCIDAD PROMEDIO
1	esfera tecnopor	5	3.35	velocidad promedio(m/s)
2	esfera tecnopor	5	3.6	1.41723356
3	esfera tecnopor	5	3.89	CALCULO DEL CAUDAL PROMEDIO
4	esfera tecnopor	5	3.98	caudal promedio (m3/seg)
5	esfera tecnopor	5	3.12	2.547032313
6	esfera tecnopor	5	3.01	
7	esfera tecnopor	5	3.3	
8	esfera tecnopor	5	3.9	
9	esfera tecnopor	5	3.26	
10	esfera tecnopor	5	3.87	
RIO RUMRUNPAMPA EN TIEMPO DE VENIDA				
RIO RUMRUNPAMPA EN TIEMPO DE VENIDA			CALCULO RIO RUMRUNPAMPA	
AREA cm2-m2	PERIMETRO	10000		CALCULO DEL TIEMPO PROMEDIO
2154.36	308.73			T total (s)
0.215436				ensayos
				48.99
				10
TIEMPOS TOMADOS PARA EL RIO CHANCA				
				tiempo promedio (s)
				4.899
N°	TIPO DE MATERAL	LONGITUD (m)	TIEMPO (s)	CALCULO VELOCIDAD PROMEDIO
1	esfera tecnopor	5	5.36	velocidad promedio(m/s)
2	esfera tecnopor	5	5.42	1.020616452
3	esfera tecnopor	5	5.6	CALCULO DEL CAUDAL PROMEDIO
4	esfera tecnopor	5	4.79	caudal promedio (m3/seg)
5	esfera tecnopor	5	3.79	0.219877526
6	esfera tecnopor	5	3.15	
7	esfera tecnopor	5	4.97	
8	esfera tecnopor	5	5	
9	esfera tecnopor	5	5.1	
10	esfera tecnopor	5	5.81	

CALCULO EXCEL CÁLCULO DE CAUDALES EN VENIDA

CALCULOS PARA LOS CAUDALES		
CAUDAL TOTAL DE LOS DOS RIO Y RIACHUELO		
caudal total (m3/seg)	4.823363822	
CAUDAL EXCEDENTE		
caudal exenete de los rios m3/seg	0.06	
CAUDAL DISPONIBLE DE CAPTACION		
caudal disponible (m3/seg)	4.763363822	
CAUDAL DISPONIBLE DE CAPTACION PARA LA MCH DE URPAY		
caudal disponible de captacion (m3/seg)	4.603486296	
CAUDAL DE DESVIO		
caudal para cultivos pequeños en la zona alto andinas (m3/seg)	0.03	
PERDIDAS		
evaporacion y filtraciones (m3/seg)	0.012	
CAUDAL DESVIO		
caudal para cultivos en la comunidad de urpay (m3/seg)	0.08	
CAUDAL TOTAL DE PERDIDA Y DESVIO		
caudal total de perdida (m3/seg)	0.122	
CAUDAL DE DISEÑO PARA LA MCH "URPAY"		
cauda total (m3/seg)	4.481486296	
POTENCIA HIDRAULICA PARA LA CENTRAL HIDROELECTRICA DE URPAY		
ALTURA 01		
altura camara de carga (boca toma) m.s.n.m (m)	3564	
ALTURA 02		
altura casa de maquina(valvula de ingreso ala turbina) m.s.n.m (m)	3375	
ALTURA NETA		
salto bruto(m)	189	
POTENCIA NETA DE NUETRA CENTRAL HIDROELECTRICA DE URPAY		
potencia Kw	8309.078926	perdidas
		17.467
POTENCIA INSTALADA DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA DE URPAY		
EFICIENCIA DE MAQUINAS		altura bruta perdida
eficiencia de la turbina %	0.8	171.533
eficiencia de la transmicion mecanica %	0.9	potencia con perdidas
eficiencia del generador electrico %	0.9	7541.170558
		g
		9.81
POTENCIA INSTALADA		
potencia instalada en KW	5384.283144	potencia estimada kw
		4886.678522

CALCULO EXCEL FORMULAS O ECUACIONES PARA CÁLCULO DE CAUDALES

FORMULAS				
FORMULAS PARA EL CALCULO				
VELOCIDAD PROMEDIO				
<i>Vsuperficial</i>	<i>d₁</i>	<i>t₁</i>	<i>A₁</i>	<i>Q₁</i>
$V_{super_1} = \frac{d_1}{t_1}$				
TIEMPO PROMEDIO				
$t_{tiempo\ promedio} = \frac{\sum t_{tomados}}{n_{numero\ de\ pruebas}}$				
VELOCIDAD PROMEDIO				
$V_{promedio_1} = \frac{d_{distancia\ tomada_1}}{t_{promedio_1}}$				
CAUDAL PROMEDIO				
$Q_{promedio_1} = A_1 \times V_{promedio_1}$				
CAUDAL PERDIDA				
$Q_{perdida} = Q_{p1} + Q_{p2} + Q_{p3}$				
CAUDAL DE DISEÑO				
$Q_{diseño} = Q_c - Q_p$				
POTENCIA HIDRAULICA				
$P_{hidraulica} = 9.8 * Q_{diseño} * H_{neta}$				
ALTURA NETA				
$H_n = H_{camara\ de\ carga} - H_{casa\ de\ maquinas}$				
POTENCIA INSTALADA DE LA MINI CENTRAL HIDROELECTRICA DE URPAY				
$P_{instalada} = 9.8 * n_{turbina} * n_{generador} * n_{sistema\ de\ transmision} * Q_{diseño} * H_{neto}$				

CALCULO EXCEL DIMENSIONAMIENTO HIDRÁULICO

DIMENSIONAMIENTO HIDRAULICO DE LA MINICENTRAL HIDROELECTRICA DE URPAY								
CONDICIONES DE OPERACIÓN DE LA MINI CENTRAL HIDROELECTRICA DE URPAY								
DESCRIPCION	Notación	Unidades	Distancia01	Distancia02	Distancia03	Distancia04	Distancia05	tramo interno
Altura bruta	Hb	m	54.25	75.75	34.98	20.68	3.57	
Altura bruta acumulada	Hb	m	54.25	130	164.98	185.66	189.23	
Longitud de tramo	Lt	m	89.17	155.19	67.81	36.43	14.85	
Longitud acumulada	Lta	m	89.17	244.36	312.17	348.6	363.45	
Caudal	Q	m3/seg	0.344	0.344	0.344	0.344	0.344	
Diámetro interior de tubería	D	m	0.493	0.493	0.493	0.493	0.493	
Peso específico H2O	ρ	kg/m3	1000	1000	1000	1000	1000	
Aceleración de la gravedad	g	m/seg2	9.81	9.81	9.81	9.81	9.81	
Celeridad sonido en el agua	a	m/seg2	1180.56	1180.56	1180.56	1180.56	1180.56	
Modulo de compresión H2O	ξ	kg/mm2	206	206	206	206	206	
Modulo de elasticidad acero	E	kg/mm2	21000	21000	21000	21000	21000	
Resistencia a la tracción acero	Sd	kg/mm2	40.8	40.8	40.8	40.8	40.8	
Eficiencia de soldadura	η_s		0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	
Coefficiente de seguridad	CS		3	3	3	3	3	
Espesor adicional corrosión/20 años	k	mm	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	
Temperatura de diseño	Tm	°C	20	20	20	20	20	
Viscosidad cinematica H2O (Tabla V)	v	m2/seg	1.004E-06	1.004E-06	1.004E-06	1.004E-06	1.004E-06	
Rugosidad absoluta	e	mm	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036	
Coefficiente del material tubo (Tabla III)	K		0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	
Coefficiente de dilatación del acero	cd	m/m°C	0.000014	0.000014	0.000014	0.000014	0.000014	
Densidad del acero	d	kg/m3	7900	7900	7900	7900	7900	
Velocidad despues maniobra cierre	V1	m/seg2	0	0	0	0	0	
Coefficiente perdidas entrada	K1		0.9	0	0	0	0	
Coefficiente perdidas rejilla	K2		5.45	0	0	0	0	
Coefficiente de perdidas en codos	K3		0.206	0.165	0.237	0.132	0.062	
Area interior de tubo	m2		0.19079347	0.19079347	0.19079347	0.19079347	0.19079347	
coeficiente por bifurcacion	Kb							0.100
DIMENSIONAMIENTO HIDRAULICO								
Tipo de tubería	Tt		Baja Pres.	Baja Pres	Baja Pres	Baja Pres	Baja Pres	
Velocidad de regimen	Vo	m/seg2	1.80208272	1.80208272	1.80208272	1.80208272	1.80208272	
Diámetro exterior de tubería	De	m	0.5204828	0.5204828	0.5204828	0.5204828	0.5204828	
Velocidad media dentro tubo	V	m/seg2	1.80208272	1.80208272	1.80208272	1.80208272	1.80208272	
Relación e/E	e/E	kg/mm2	0.00980952	0.00980952	0.00980952	0.00980952	0.00980952	
Relación D/es	D/es	m/m	49.3	49.3	49.3	49.3	49.3	
Relación V/g	V/g	seg	0.18369854	0.18369854	0.18369854	0.18369854	0.18369854	
Celeridad onda en el agua	C	m/seg2	969.233146	969.233146	969.233146	969.233146	969.233146	
Altura presión dinámica	Pd	mca	18.4011283	18.4011283	18.4011283	18.4011283	18.4011283	
Altura presión dinámica (50%) Hb	Pd	mca	27.125	65	82.49	92.83	94.615	
Altura de presión total	Hmax	m	81.375	195	247.47	278.49	283.845	
Presión total en la tubería	Pt	kg/m2	81375	195000	247470	278490	283845	
Presión total en la tubería	Pt	kg/mm2	0.081375	0.195	0.24747	0.27849	0.283845	
Presión total en la tubería	Pt	Bar	7.98016144	19.1229675	24.2685168	27.3105396	27.8356857	
Presión manométrica	Pm	lb/pulg2	77.0060611	184.530653	234.183594	263.538162	268.605658	
CALCULO TUBERIA ACERO ROLADA/SOLDADA								
Espesor de la tubería (rolada soldada)	t	mm	3.30703125	6.24910714	7.60770536	8.41090179	8.54955804	
Espesor de la tubería	t	pulg.	0.541	0.541	0.541	0.541	0.541	
Espesor normalizado de tubería	t	mm	13.7414	13.7414	13.7414	13.7414	13.7414	
Coefficiente de seguridad de diseño	Cs	mm	4.98624862	2.63872576	2.16749719	1.96051273	1.92871724	
SELECCIÓN DE TIPO DE TUBERIA								
Tipo de tubería a utilizar			R/S	R/S	R/S	R/S	R/S	
Espesor de la tubería seleccionada	t(sel)	mm	13.7414	13.7414	13.7414	13.7414	13.7414	
Espesor de la tubería seleccionada	t(sel)	pulg.	0.541	0.541	0.541	0.541	0.541	
Presión de trabajo permitida	Pt	kg/mm2	0.62071868	0.62071868	0.62071868	0.62071868	0.62071868	
Presión de trabajo permitida	Pt	bar	60.8667075	60.8667075	60.8667075	60.8667075	60.8667075	
Presión de trabajo permitida	Pt	mca	621.91228	621.91228	621.91228	621.91228	621.91228	
Verificación de presión de trabajo			ok	ok	ok	ok	ok	

CALCULO DE PERDIDAS DE CARGA										
Número de Reynolds	R		884887.233	884887.233	884887.233	884887.233	884887.233			
Tipo de flujo en la tubería	Tf		Turbulento	Turbulento	Turbulento	Turbulento	Turbulento			
Rugosidad relativa	e/D	m	0.07302231	0.07302231	0.07302231	0.07302231	0.07302231			
Coefficiente de fricción	f		0.03547991	0.03547991	0.03547991	0.03547991	0.03547991			
Perdidas a la entrada	$\Delta hf1$	m	0.14896799	0	0	0	0			
Perdidas en la rejilla	$\Delta hf2$	m	0.90208393	0	0	0	0			
Perdidas por fricción metodo de Darcy	$\Delta hf3$	m	1.0621964	2.91082553	3.71858081	4.15253634	4.3294301			16.174
Perdidas por codos	$\Delta hf4$	m	0.03409712	0.0273108	0.03922824	0.02184864	0.01026224			
Perdida por estrechamiento repentino	$\Delta hf5$	m	0	0	0	0	0			
Perdidas por bifurcación	$\Delta hf6$	m	0	0	0	0	0			0.084
Perdidas en valvula	$\Delta hf7$	m	0	0	0	0	0.02518471			
Pérdidas por tramo de tubo	Σhf	m	2.14734543	2.93813633	3.75780905	4.17438498	4.36487705	0.084		Altura bruta
Sumatoria de perdidas		m	2.14734543	5.08548176	8.84329081	13.0176758	17.3825528	17.467		Hb m
Diferencia de altura	(Hb-Sp)	m								188.950
VERIFICACION DE ESFUERZOS EN EL TUBO										
Dilatación lineal	E	mm	24.9676	43.4532	18.9868	10.2004	4.158			184.36
Esfuerzo longitudinal	Sx	kg/mm2	0.72987241	1.74900301	2.21961936	2.49784538	2.54587569			Diferencia
Esfuerzo tangencial	Sy	kg/mm2	1.45974482	3.49800603	4.43923872	4.99569076	5.09175139			de Altura
Resistencia tracción > Esfuerzos	Sy<Sd		bueno	bueno	bueno	bueno	bueno			Dh m
Fuerza longitudinal	Fx	kg	15533.6931	37223.5965	47239.6073	53161.0224	54183.2397			171.483
Fuerza tangencial	Fy	kg	15822.4899	37915.644	48117.8688	54149.3728	55190.5947			
Sección de abrazadera	Ab	mm2	193.903063	464.6525	589.679765	663.595255	676.355328			
Dimensiones comercial de la platina	Dp	pulg.	15.512245	37.1722	47.1743812	53.0876204	54.1084262			

CALCULO EXCEL SELECCIÓN DE TURBINAS

SELECCIÓN DE UNA TURBINA HIDRAULICA PARA LA M. C. H. Urpay										
tipo	turbina		inyectores	Ns			Q m3/seg	H m	P kw	η max
accion	pelton		01 a 04	10 a 30			0.05-50	90-300	2 a 4000	9.10E+01
accion	turgo			60-260			0.025-10	15-300	05a8000	8.50E+01
accion	michell banki			40-160			0.025-15	1.50(200)	1.750	8.20E+01
reaccion	bomba rotodinamica			30-170			0.05-0.25	10-250	5-500	8.00E+01
reaccion	francia			L 60-150, N 150-250, R 250-400			1-500	2-750	2-750000	9.20E+01
reaccion	deriaz			60-400			5.00E+02	30-130	1.00E+05	9.20E+01
raccion	kaplan y de helice			300-800			1.00E+03	50 a 60	2-200000	9.30E+01
raccion	axiales(tubular, bulbo, genrador periferico)			300-800			6.00E+02	5 a 30	1.00E+05	9.30E+01

PARAMETROS Y DIMENCIONAMIENTO DE LA TURBINA PELTON

DESCRIPCION	Notacion	Unidades	Resultado
potencia hidraulica	P	kw-cv	200
caudal	Q	m3/seg	0.344
rendimiennto turbina de fabrica	η	%	0.862
freciencia de la corriente	f	Hz	60
numero de polos	Npolos		8
velocidad rotacional	N	rpm	964
salto neto	Hn	m	184.36
eficiencia de la turbina	η_t	%	0.8
eficiencia de la tramicion	η_{tr}	%	0.96
eficiencia del generarador	η_g	%	0.85
aceleracion de la gravedad	g	m/seg ²	9.81
contante de conversión	K	w/kw	1000
dencidad del agua	ρ	kg/m ³	1000
caudal de gasto en cada tubina	Q _{g tur}	m3/seg	0.17
caudal de diseño en cada turbina	Q _{tur}	m3/seg	0.17
numero de inyectores	z ^o	n ^o	1
coeficiente de tobera	Kc		0.98
contante de velocidad relativa	K _r		0.98
coeficiente de velocidad tangencial	K _u		0.44
factor de paso de la cuchara	K _p		0.85
pi	π		3.1415926
numero especifico de revoluciones	Ns	rpm	16
numero especifico de revoluciones	Nq	rpm	7.99

RESULTADOS Y PARAMETROS DEL INYECTOR

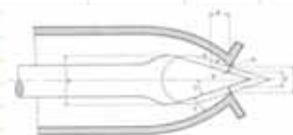
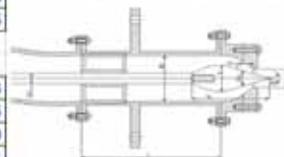
	Notacion	Unidades	Resultado
triangulo de velocidades	Ci	m	58.93983652
velocidad tangencial	U ₂	m/s	28.2911
velocidad relativa	W ₂	m/s	32.34618228
velocidad absoluta de salida en la cuchara	C ₁	m/s	40.37378802
eficiencia teorica de la turbina	η_{turb}		0.92

PARAMETROS DEL INYECTOR

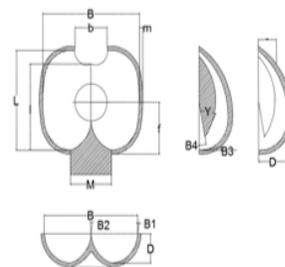
	Notacion	Unidades	Resultado
diametro de seccion de chorro	d _o	m	0.06060034
caudal nominal de la turbina	Q _n	m3/seg	2.805264793
diametro de salida de la tobera	d _{salida}	m	0.075750425

DIMENCION DE LA TOBERA EN FUNCION DEL DIAMETRO

	Notacion	Unidades	Resultado
diametro maximo de aguja	a	m	0.086052483
angulo de punta de la aguja	α_0	grados	45
angulo de la punta del inyector	α_2	grados	70
diametro de la punta del inyector	d _t	m	0.066660374
recorrido de la aguja	x	m	0.03030017
recorrido maximo de la aguja	d _v	m	0.035148197
longitud de la aguja	b	m	0.196951105
diametro mayor de curvatura del inyector	d ₂	m	0.27270153
longitud del tramo recto de inyector	l	m	0.36360204
radio de curvatura del inyector	r	m	0.909005099
diametro del tramo recto del inyector	d ₁	m	0.15150085
radio de curvatura del bulbo del inyector	bbulbo	m	0.094688031
diametro de salida de la tobera	l	m	0.047344016
rendimiento del inyector	$\eta_{inyector}$		0.9604

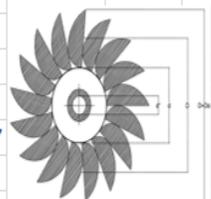


DIMENSIONES DEL RODETE PELTON			
GEOMETRIA DE LA CUCHARA PELTON			
	Notacion	Unidades	Resultado
<i>ancho de la cuchara</i>	B	m	0.18180102
<i>longitud de la cuchara</i>	L	m	0.169680952
<i>profundidad de la cuchara</i>	D	m	0.054540306
<i>longitud de la cuchara desde el corte hasta el centro</i>	f	m	0.054540306
<i>ancho de corte de la cuchara</i>	M	m	0.06060034
<i>longitud radial del corte de la cuchara</i>	e	m	0.027270153
<i>longitud de media cuchara</i>	l	m	0.096960544
<i>angulo de salida del agua de la salida de la cuchara</i>	β_1	grados	15°
<i>angulo de entrada del agua a la cuchara</i>	β_2	grados	16°
<i>angulo formado por la media cucharas</i>	β_3	grados	5°
<i>angulo de la punta de la cuchara</i>	β_4	grados	13°
<i>espesor de las cucharas</i>	m	m	0.012120068

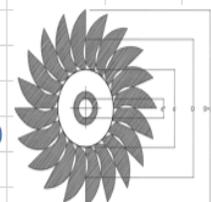


PARAMETROS Y GEOMETRIA DE LA CUCHARA			
	Notacion	Unidades	Resultado
<i>diametro de paso del rodete</i>	D	m	0.549314323
<i>relacion de diametro</i>	δ	m	0.110319971
<i>diametro circunferencial de la arista al rotar del rodete</i>	D _a	m	0.670515003
<i>diametro arista del rodete</i>	θ	grados	0.464643996
<i>distancia entre diametro y el paso del rodete</i>	λ	m	0.06060034
<i>pasp angular</i>	φ	grados	0.46
<i>relacion diametro de paso y cresta, diametro de chorro</i>	k		1
<i>punto amximo de salida del chorro</i>	ψ		0.455356004
<i>valor maximo de arista</i>	θ		0.464643996
<i>paso maximo de la circunferencia</i>	t		0.127617801
<i>numero teorico de cucharas</i>	z	n°	13.52257913
<i>numero de alves sera</i>	Z	n°	19.37
<i>relacion de diametro de chorro y del rodete</i>	DP/d	m	9.064541938
	Notacion	Unidades	Resultado
<i>altura de montaje minimo</i>	H _{min}	m	0.698183399

17



20



5.00	RESERVORIO				
5.01	excavacion con maquina y manual	m3	410.00	6.30	2,583.00
5.02	relleno compactado con materia seleccionado	m3	3.20	40.00	128.00
5.03	colocacion de gaviones	m3	2.00	145.00	290.00
5.04	montaje de compuerta plana 0.85x0.90	unid	3.00	1,020.00	3,060.00
5.05	concreto fc=100 kg/cm2 relleno	m3	40.00	298.00	11,920.00
5.06	concreto fc=210 kg/cm2 canal compuerta	m3	6.73	300.00	2,019.60
5.07	enrocado y acentado de concreto en zona de toma	m2	100.00	120.00	12,000.00
					Sub- tota en Soles
					32,000.60
					Sub- tota en Dolares
					9,697.15
6.00	CANAL DE CONDUCCION				
6.01	excavacion manual en suelos	m3	2,300.00	4.30	9,890.00
6.02	eliminacion de material excavado	m3	2,400.00	4.30	10,320.00
6.03	excabacion de roca fija	m3	400.00	15.20	6,080.00
6.04	forjado con arena y cemento e=0.02m	m3	300.00	10.15	3,045.00
6.05	concreto fc=100 kg/cm2 relleno	m3	310.00	298.00	92,380.00
6.06	empedrado y acentado en concreto	m2	600.00	120.00	72,000.00
6.07	concreto fc=210 kg/cm2	m3	1,050.00	300.00	315,000.00
					Sub- tota en Soles
					508,715.00
					Sub- tota en Dolares
					154,156.06
7.00	DESARENADOR				
7.01	excavacion manual de suelo	m3	314.00	10.00	3,140.00
7.02	relleno ya compactado con material seleccionado	m3	4.00	40.00	160.00
7.03	montaje de compuerta plana de 0.50x0.52 m	unid	1.00	1,020.00	1,020.00
7.04	montaje de compuerta plana de 0.70x0.80 m	unid	2.00	1,020.00	2,040.00
7.05	montaje de compuerta plana de 0.62x0.62 m	unid	2.00	1,020.00	2,040.00
7.06	montaje de compuerta plana de 0.72x0.72 m	unid	1.00	1,020.00	1,020.00
7.07	reja fina de 1.15x1.00 m	unid	1.00	1,258.00	1,258.00
7.08	concreto fc=100 kg/cm2 e= 0.12 m relleno	m3	65.00	298.00	19,370.00
7.09	acentado con piedra y concreto (Emed=0.70)	m2	40.00	180.00	7,200.00
7.10	concreto fc=210 kg/cm2	m3	30.00	300.00	9,000.00
7.11	encofrado plano	m2	90.00	40.00	3,600.00
					Sub- tota en Soles
					49,848.00
					Sub- tota en Dolares
					15,105.45
8.00	CAMARA DE CARGA				
8.01	excavacion y limpieza manual	m3	82.00	5.00	410.00
8.01	eliminacion de material excavado	m3	82.00	5.30	434.60
8.01	relleno con material seleccionado	m3	5.00	40.00	200.00
8.01	encofrado plano interior	m2	90.00	30.00	2,700.00
8.01	montaje de tubería D 21/2"	ml	2.00	93.50	187.00
8.01	montaje de compuerta plana 1.50x1.30 m	unid	1.00	1,020.00	1,020.00
8.01	facricacion de compuerta plana 0.72x1.05 m	unid	1.00	2,035.00	2,035.00
8.01	montaje de compuerta plana 0.72x1.05 m	unid	1.00	1,020.00	1,020.00
8.01	reja fina de 1.50x1.40	unid	1.00	1,258.00	1,258.00
8.01	reja fina de 1.40x1.00	unid	1.00	1,258.00	1,258.00
8.01	concreto fc=100 kg/cm2 relleno	m3	14.00	280.00	3,920.00
8.01	concreto fc=210 kg/cm2	m3	40.00	300.00	12,000.00
8.01	forjado con concreto	m2	75.00	8.10	607.50
					Sub- tota en Soles
					27,050.10
					Sub- tota en Dolares
					8,197.00
	TOTAL EN OBRAS CIVILES			US\$	226,691.94
	TOTAL EN OBRAS CIVILES			SOLES	748,083.40

REACONDICIONAMIENTO MINI CENTRAL HIDROELECTRICA DE URPAY DE 400 KW					
PRESUPUESTO DE OBRAS CIVILES					
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO PARCIAL
TUBERIA FORZADA					
9.00	excavacion en duelo	m3	130	10.50	1,365.00
9.01	relleno y compactado con material seleccionado	m3	30	40.00	1,200.00
9.02	escavacion manual en bloques de tuberia forzada	m3	210	25.50	5,355.00
9.03	instalacion de registro de bronce de 4"	unid	1	80.00	80.00
9.04	canaleta de drenaje	ml	420	45.00	18,900.00
9.05	encofrado y desencofrado de bloques y sillas	m2	130	30.50	3,965.00
9.06	junta de dilatacion	unid	3	1,050.00	3,150.00
9.07	concreto fc=210 kg/cm2 para bloques y anclajes de silla	m3	20.25	410.50	8,312.63
9.08	excavacion de roca fija en talud de tuberia forzada	m3	70	22.00	1,540.00
				Sub- tota en Soles	S/. 43,867.63
				Sub- tota en Dolares	\$ 13,293.22
CASA DE MAQUINAS					
10.00	limpiesa del perimetro	m2	700	0.80	560.00
10.10	escabacion de suelos	m3	58	3.80	220.40
10.20	relleno y compactado con material seleccionado	m3	14	32.50	455.00
10.30	empedrado y acentado con concreto (Emed=0.50m)	m2	80	90.00	7,200.00
10.40	encofrado plano	m2	15	20.00	300.00
10.50	sellado de juntas con gas negro	m	23	15.01	345.23
10.60	cimiento corrido 0.90+30% de piedras grandes	m3	60	180.00	10,800.00
10.70	encofrado y desencofrado sobre cimientos	m2	20.7	23.50	486.45
10.80	cobertura de techo teja castellana de 1.70x0.72m	m2	200	65.00	13,000.00
10.90	forjado de pared	m2	180	12.00	2,160.00
10.10	puerta de metal y madera 11/2" de espesor	unid	3	1,280.00	3,840.00
10.11	ventanas con marcos de madera	unid	4	200.00	800.00
10.12	concreto f'c= 100kg /cm2- solado e = 0.10m	m2	20	280.00	5,600.00
10.13	tarajeado arena fina y cemeto en paredes	m2	450	4.50	2,025.00
10.14	concreto f'c= 210kg /cm2	m3	1.8	300.00	540.00
10.15	muro de ladrillos en el perimetro	ml	200	14.00	2,800.00
10.16	oficinas	m2	60	30.00	1,800.00
10.17	electrificacion	puntos	25	4.50	112.50
				Sub- tota en Soles	S/ 53,044.58
				Sub- tota en Dolares	\$ 16,074.12
TOTAL EN OBRAS CIVILES, TUBERIA Y CASA DE MAQUINAS				\$.	29,367.33
TOTAL EN OBRAS CIVILES, TUBERIA Y CASA DE MAQUINAS				S/.	96,912.21

CALCULO EXCEL PRESUPUESTO PARA MATERIALES METÁLICOS PARA OBRAS CIVILES

REACONDICIONAMIENTO MINI CENTRAL HIDROELECTRICA DE URPAY DE 400 KW					
PRESUPUESTO DE OBRAS CIVILES					
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO PARCIAL
1.00	MATERIALES METALICOS PARA OBRAS CIVILES				
1.01	acero de refuerzo fy=4.200kg/cm2 (Dim=1/2")	kg	1460	2.50	3,650.00
1.02	escalera de gato con fierro de Dim=1"	kg	50.5	4.00	202.00
1.03	acero de refuerzo fy=4.200kg/cm2 (Dim=1/2")zona de toma	kg	1200	3.00	3,600.00
1.04	escalera de gato con fierro de Dim=1"	kg	50.5	3.41	172.21
1.05	acero de refuerzo fy=4.200kg/cm2 (Dim=3/8"-1/2" canal- compuerta)	kg	1470	2.90	4,263.00
1.06	acero de refuerzo fy=4.200kg/cm2 (Dim=3/8"-1/2" desacerenador)	kg	1200.9	2.90	3,482.61
1.07	escalera gato fierro de Dim =1" para camara de carga	kg	92.4	4.00	369.60
1.08	acero de refuerzo fy=4.200kg/cm2 (Dim=3/8"-3/4" camara de carga)	kg	2100	2.19	4,599.00
					Sub- tota en Soles
					20,338.42
					Sub- tota en Dolares
					6,163.16
2.00	MATERIALES METALICOS TUBERIA FORZADA				
2.01	acero de refuerzo fy=4.200kg/cm2 (Dim=1"-1/2")	kg	5500	2.14	11,770.00
2.02	colocacion de planchas de apoyo e=1/4"	kg	40	6.00	240.00
2.03	trasporte de tuberia acero negro sin costura SCH-40	kg	5100	10.50	53,550.00
2.04	montaje de tuberia de acero negro sin costura SCH-40	kg	5100	2.00	10,200.00
2.05	codo de acero y montaje	kg	730	17.30	12,629.00
2.06	tuberia para pantalon de distribucion y transporte	kg	500	2.00	1,000.00
2.07	montaje de tuberia para pantalo de distribucion	kg	800	1.20	960.00
					Sub- tota en Soles
				S/.	90,349.00
					Sub- tota en Dolares
				\$.	27,378.48
	TOTAL EN MATERIALES METALICOS				\$.
	TOTAL EN MATERIALES METALICOS				33,541.64
					S/.
					110,687.42

CALCULO EXCEL RESUMEN DE PRESUPUESTOS

REACONDICIONAMIENTO DE LA MINI CENTRAL HIDROELECTRICA DE URPAY DE 400KW		
RESUMEN PRESUPUESTO DE OBRAS CIVILES		
ITEM	PARTIDA	COSTO US\$.
1.00	TRABAJOS PRELIMINARES	4,374.85
2.00	VIAS DE ACCESO	3,318.18
3.00	OBRAS DE CAPTACION Y DESARENADOR RIO CHANCA	15,236.36
4.00	OBRAS DE CAPTACION Y DESARENADOR RIO LLACTABAMBA	16,606.88
5.00	RESERVORIO	9,697.15
6.00	CANAL DE CONDUCCION	154,156.06
7.00	DESARENADOR	15,105.48
8.00	CAMARA DE CARGA	8,197.00
1.00	MATERIALES METALICOS PARA OBRAS CIVILES	6,163.16
2.00	MATERIALES METALICOS TUBERIA FORZADA	27,378.48
9.00	TUBERIA FORZADA	13,893.22
10.00	CASA DE MAQUINAS	16,074.12
	COSTO TOTAL EN DOLARES	S/.
	COSTO TOTAL EN SOLES	290,200.94
		S/.
		957,663.10

CALCULO EXCEL PRESUPUESTO PARA OBRAS MECÁNICAS, ELÉCTRICAS Y ELECTRÓNICAS

REACONDICIONAMIENTO DE LA MINI CENTRAL HIDROELECTRICA DE URPAY PARA UNA POTENCIA DE 400 KW					
PRESUPUESTO EQUIPAMIENTO MECANICO Y ELECTRICO ELECTRONICO					
ITEM	DESCRIPCIÓN	METRADO		SUB TOTAL	TOTAL
		Ud	Cantd.	SOLES	SOLES
1	TUBERIA DE PRESION, REJILLA Y ACCESORIOS				
1.01	Tubería de presión de acero negro sin costura SCH-40 de 22" pulgadas	m	363.65	980.00	356,377.00
1.02	Tubería de presión de acero negro sin costura SCH-40 de 10" pulgadas	m	18	660.00	11,880.00
1.03	Codo para cambio de dirección A1 de plancha acero estructural de 22" de diametro 12mm	Ud	1	2,540.00	2,540.00
1.04	Codo para cambio de dirección A2 de plancha acero estructural de 12mm ,	Ud	1	2,540.00	2,540.00
1.06	Pantalon de tubería de acero con reducciones en acero negro de 10 "pulg de 12mm de espesor con dos reducciones.	Ud	1	2,187.90	2,187.90
1.08	Rejilla de protección para cámara de carga	Ud	1	500.00	500.00
1.11	Anillos de empuje de acero para anclaje de codo con dado de concreto	Ud	6	112.00	672.00
1.14	Valvula de purga de 60mm diametro para purga de pozo de acceso, de 10 bar.	Ud	1	115.00	115.00
1.15	Valvula aereadora de doble efecto ingreso y salida de aire, de 100 mm de diametro.	Ud	3	200.00	600.00
	Sub total tubería de presión, rejilla y accesorios soles			Sub Total S/.	377,411.90
	Sub total tubería de presión, rejilla y accesorios dolares			SUB total US\$	114,367.24
2	GRUPO HIDROELECTRICO DE GENERACIÓN				
2.01	Turbina hidráulica tipo pelton de eje horizontal , aramada con cojinetes de apoyo y acoplamiento directo a generador. Alternador trifasico de 295 KVA de 900 RPM, 230 KV, con regulador automatico de tensión, factor de potencia de 0.8 ventilación forzada para altura de 3320msnm Con montaje Estructura metalica fabricado de acero	Ud	2	165,000.00	330,000.00
2.02	Regulador de velocidad electronico, con cabezal hidraulico, varillaje completo, fuente de poder, cañerías y accesorios completos	Ud	2	24,900.00	49,800.00
2.03	Válvulas tipo compueta de 22" pulg de diametro, con contapeso, cierre y apertura manual y otros accesorios completos.	Ud	1	4,000.00	4,000.00
2.04	Valvulas de desfogue de 10" pulg de diametro tipo compueta.	Ud	2	400.00	800.00
2.05	Tablero de medición, protección y seccionamiento equipado con sistema de control de sensado automatico, panel digital. En 2.4 KV.	Ud	2	8,000.00	16,000.00
2.06	Tablero de servicios auxiliares, equipado con cargador estatico de baterías, banco de baterías accesoriso para sistema de iluminación de emergencia.	Ud	1	15,000.00	15,000.00
2.07	Estructura de cimentación para grupo hidroelectrico	Ud	2	1,219.75	2,439.50
2.08	Estructura de cimentación de regulador de velocidad.	Ud	1	1,045.50	1,045.50
2.09	Conductor NYY 3x150 mm2 para conexion de alternador a tablero de control para 2.4 KV	Ud	4	184.28	737.12
2.10	Conductor NYY 3X150 mm2 para conexión celda interruptor a transformador de 500kw	Ud	20	184.28	3,685.60
2.12	Sistema de puesta a tierra con accesorios completos	Ud	1	2,000.00	2,000.00
	Sub total tubería de presión, rejilla y accesorios soles			Sub Total S/.	425,507.72
	Sub total tubería de presión, rejilla y accesorios dolares			SUB total US\$	128,941.73
3	CELDA DE TRANSFORMACION Y SALIDA				
3.01	Celda de transformación tipo caja abierta, auto soportada, fabricada con perfil estructural, juego de aisladores, platinas de cobre de conexión, barras colectoras y derivación a tierra. Con Tranasformador trifasico en baño de aceite con refrigeración natural, con potencia 600KVA	Ud	1	45,000.00	45,000.00
3.03	Una malla de puesta a tierra completa	Ud	1	1,000.00	1,000.00
	Sub total tubería de presión, rejilla y accesorios soles				46,000.00
	Sub total tubería de presión, rejilla y accesorios dolares				13,939.39
				Sub Total S/.	848,919.62
				SUB total US\$	257,248.37
	TOTAL				

CALCULO EXCEL COSTOS TOTALES EN OBRAS

RECONDICIONAMIENTO DE LA MINI CENTRAL HIDROELECTRICA DE URPAY		
COSTO TOTAL EN OBRAS		
ítem	especificaciones	precio US\$
0.1	Obras civiles vías,captacion, canales , desarenadores,camara de carga, tubería forzada y casa de maquinas	290,200.94
0.2	Obras electromecánicas	257,248.37
	Total en dolares US\$	547,449.31
	tipo de cambio	3.3
	Total en soles S/.	1,806,582.72

CALCULO EXCEL FLUJO DE INGRESOS Y EGRESOS

RECONDICIONAMIENTO DE LA MINI CNETRAL HIDROELECTRICA DE URPAY PARA UNA POTENCIA DE 400KW						
FLUJO DE INGRESOS Y EGRESOS AL SISTEMA						
INVERCION DE PROYECTO		547,449.31	US\$	1,806,582.72	SOLES	
Potencia (Kw)		400.00				
FC		0.80				
Horas al año		8,040.00		Costo del kwh		US(\$)
Energía al año (KWh)		3,216,000.00	x	0.055	US\$	176,880.00
Energía al año (MWh)		3,216.00	EGRESOS	10.00%		54,744.93
				Neto Anuales		122,135.07
INVERCION DEL PROYECTO						
Invercion			us(\$)			
Reacondicionamiento de la M.C.H.Urpay			547,449.31			
Total (US\$)			547,449.31			
EGRESOS TOTALES ANUALES EN OPERACIÓN, MANTENIEMITO, INTERESES						
Ahorros		US(\$)				
Gasto en 10% (invercion)		54,744.93				
	Total	54,744.93				

CALCULO EXCEL VALOR ACTUAL NETO

FLUJO DE CAJA DE 10 AÑOS DE TIEMPO DE VIDA DEL PROYECTO				
	DESEMBOLOS		547,449.31	
N°	TIEMPO		FLUJO DE CAJA	TASA DE DES%
1	ingreso año 2020		122,135.07	0.12
2	ingreso año 2021		122,135.07	0.12
3	ingreso año 2022		122,135.07	0.12
4	ingreso año 2023		122,135.07	0.12
5	ingreso año 2024		122,135.07	0.12
6	ingreso año 2025		122,135.07	0.12
7	ingreso año 2026		122,135.07	0.12
8	ingreso año 2027		122,135.07	0.12
9	ingreso año 2028		122,135.07	0.12
10	ingreso año 2029		122,135.07	0.12
			TOTAL	690,090.38
	VALOR ACTUAL NETO (VAN) MANUAL			142,641.07
	VALOR ACTUAL NETO DEL (VAN)			142,641.07

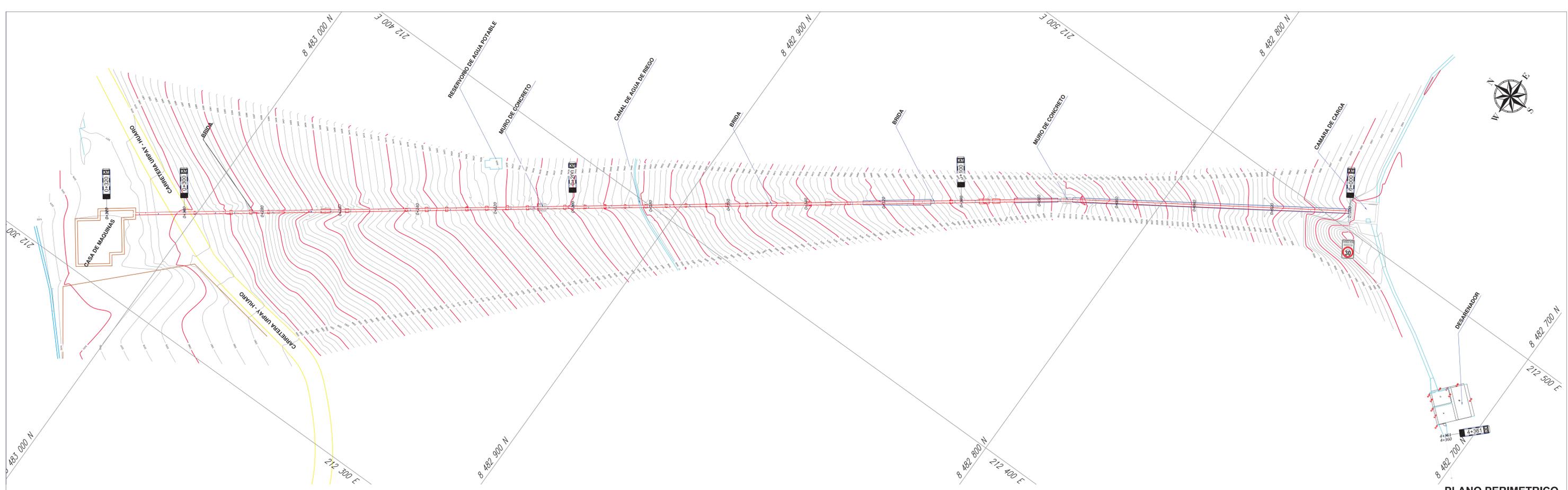
CALCULO EXCEL TASA INTERNA DE RETORNO

	DESEMBOLSO		-547,449.31
N°	TIEMPO		FLUJO DE CAJA
1	ingreso año 2020		122,135.07
2	ingreso año 2021		122,135.07
3	ingreso año 2022		122,135.07
4	ingreso año 2023		122,135.07
5	ingreso año 2024		122,135.07
6	ingreso año 2025		122,135.07
7	ingreso año 2026		122,135.07
8	ingreso año 2027		122,135.07
9	ingreso año 2028		122,135.07
10	ingreso año 2029		122,135.07
	VALOR (TIR)		18%

PLANOS

PLANOS

Plano General De La Mini Central Hidroeléctrica De Urpay



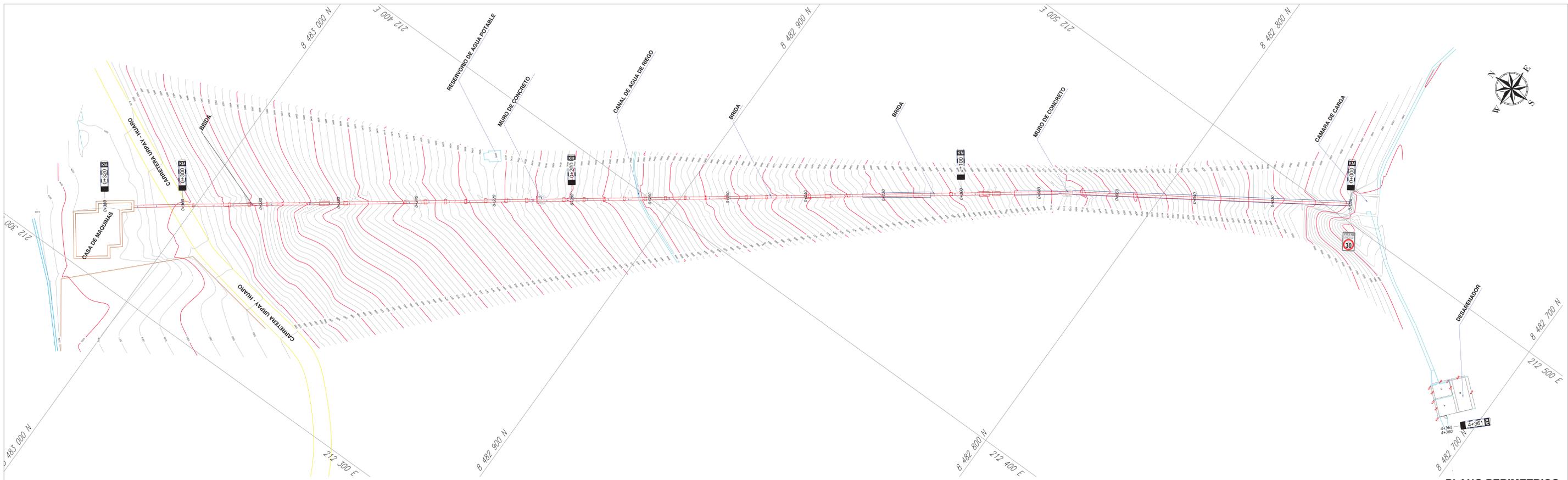
PLANO PERIMETRICO
ESCALA. 1 / 350



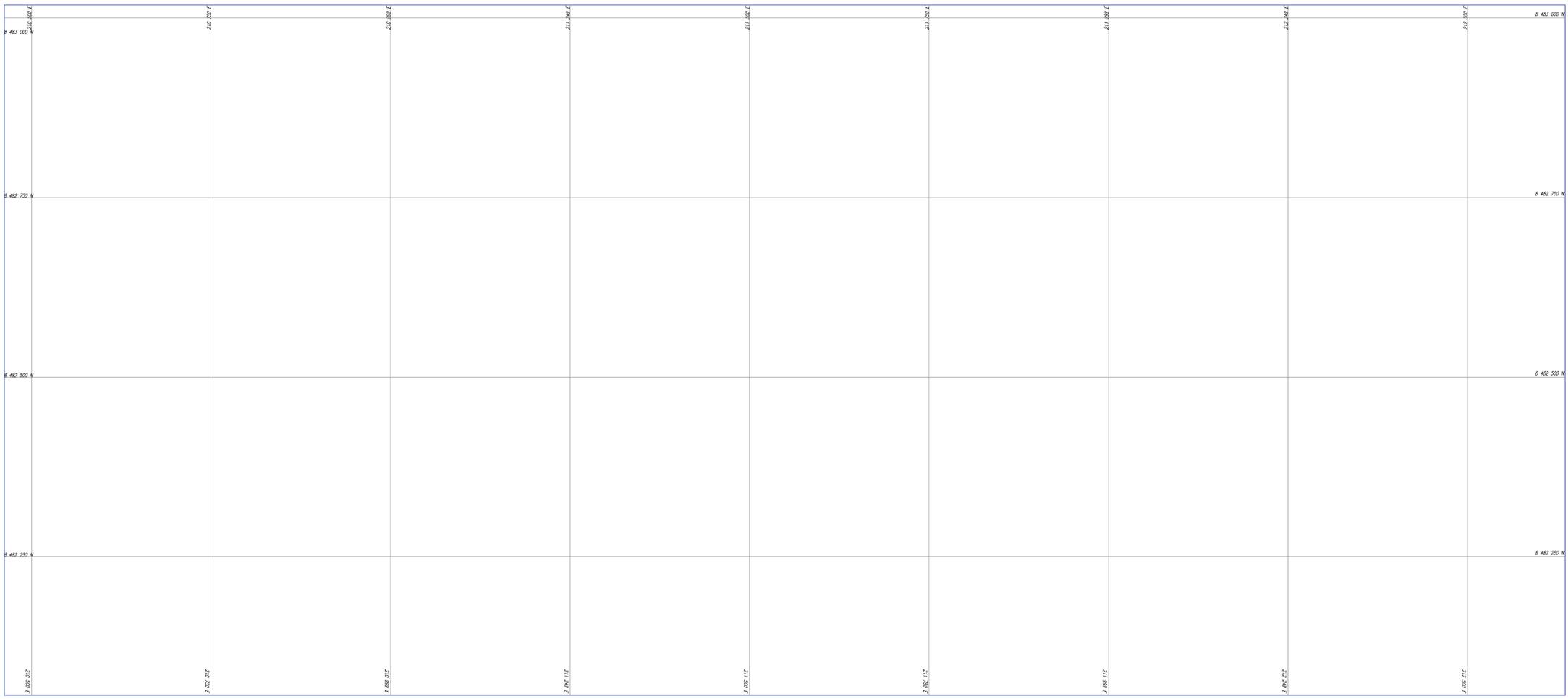
PLANO DE UBICACION
ESCALA. INDICADA

LEYENDA	
Curvas de Nivel	
BM	
canal	
Carreteras Existentes	
Casas	
Eje de tuberia	
Dado de concreto	
Kilometraje	
camara de carga	
Brida	
Norte	
desarenador	

PLANO PLANTA Y UBICACION			
PROYECTO: REACONDICIONAMIENTO DE LA MINI CENTRAL HIDROELECTRICA DE URPAY PARA UNA POTENCIA DE 400 KW			
RESISTA: CELSO CECILIO ATAYAPANQUI HUAMAN	COORDINADOR: CELSO CECILIO ATAYAPANQUI HUAMAN	SECT. PROYECTO: UNIVERSAL TRANSVERSAL	MODULO: MERCATOR
PREMIO: URPAY	LONGITUD TOTAL (km): 4738.00km	MODULO CALCULO: CARTESIANO	
ESCALA: 1:350	FECHA: 2018	DATUM: WGS - 84	
INDICADAS: URPAY	PROV.: CUSCO	DEPARTAMENTO: CUSCO	ZONA Y HEMISFERIO: 16L - SUR
URIC.: DISTR. HUARO	PROV.: CUSCO	DEPARTAMENTO: CUSCO	PU-01



PLANO PERIMETRICO
ESCALA. 1 / 350



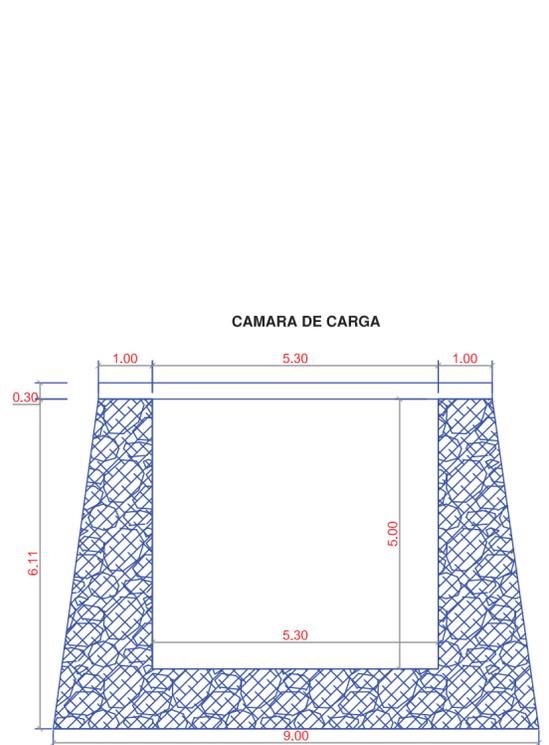
PLANO DE UBICACION
ESCALA. INDICADA

LEYENDA	
Curvas de Nivel	
BM	
canal	
Carreteras Existentes	
Casas	
Eje de tubería	
Dado de concreto	
Kilometraje	
camara de carga	
Brida	
Norte	
desarenador	

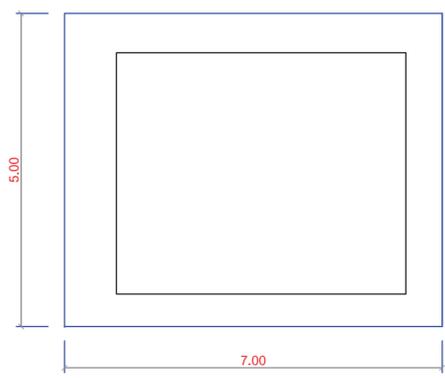
PLANO PLANTA Y UBICACION			
PROYECTO: REACONDICIONAMIENTO DE LA MINI CENTRAL HIDROELECTRICA DE URPAY PARA UNA POTENCIA DE 400 KW			
FECHA: 18/05/2018	REVISOR: CELSO CECILIO ATAYUPAQUI HUAMAN	DISEÑADOR: UNIVERSAL TRANSVERSAL	SIST. PROYECCION: MERCATOR
URPAY	LONGITUD TUBERIA(km.): 4738.00	MODULO CALCULO: MERCATOR	
URPAY	CENTROIDE: E= 212500 N=8432000	MODULO CALCULO: CARTESIANO	
ESCALA:	FECHA:	DATUM:	
INDICADAS	2018	WGS - 84	
URPAY	PROV. OUBISCANCHES	DEPARTAMENTO CUSCO	ZONA Y HEMISFERIO: 15L - SUR

PU-01

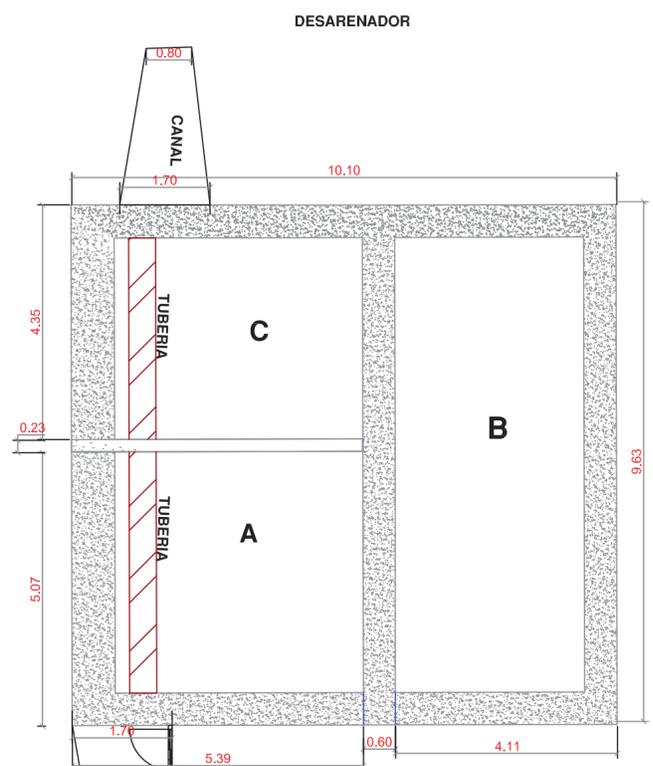
Plano De Obras Civiles



DETALLE DE CAMARA DE CARGA



DETALLE DE CAMARA DE CARGA



DETALLES DE DESARENADOR EN PLANTA



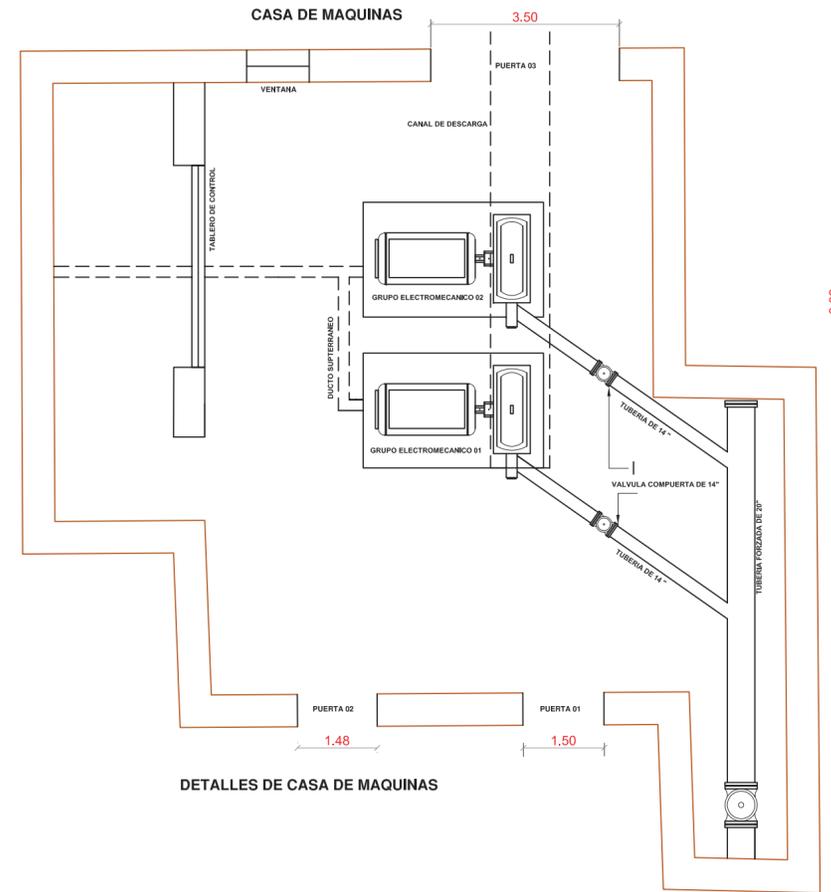
DETALLES DE DESARENADOR ALTURA A



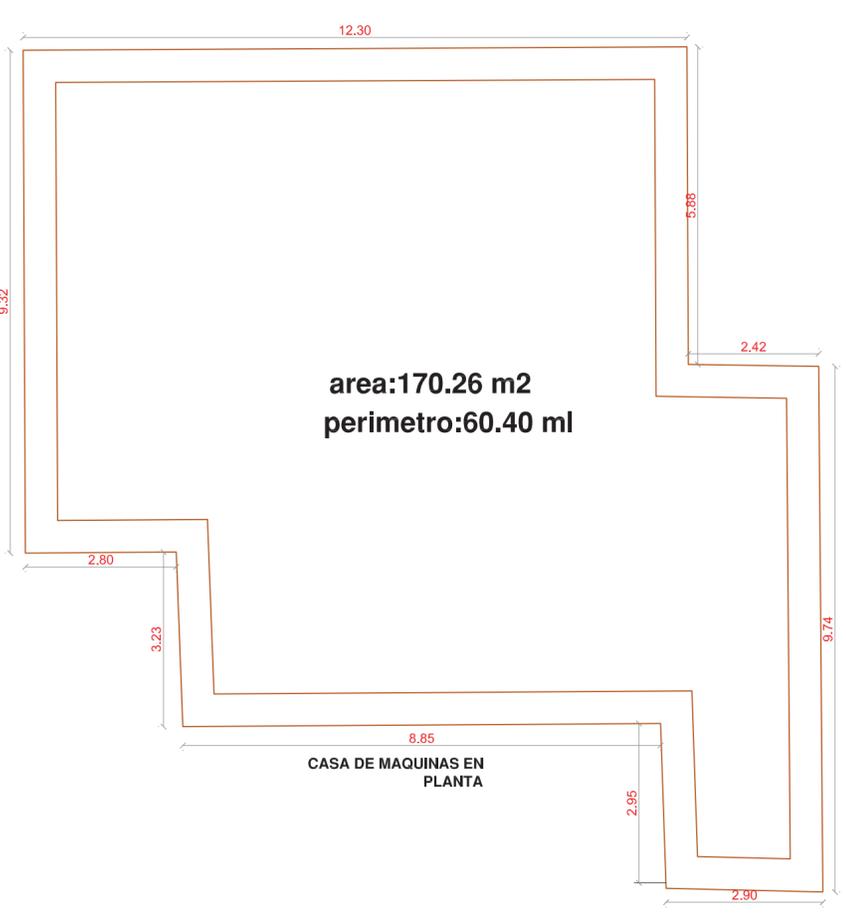
DETALLES DE DESARENADOR ALTURA B



DETALLES DE DESARENADOR ALTURA C



DETALLES DE CASA DE MAQUINAS

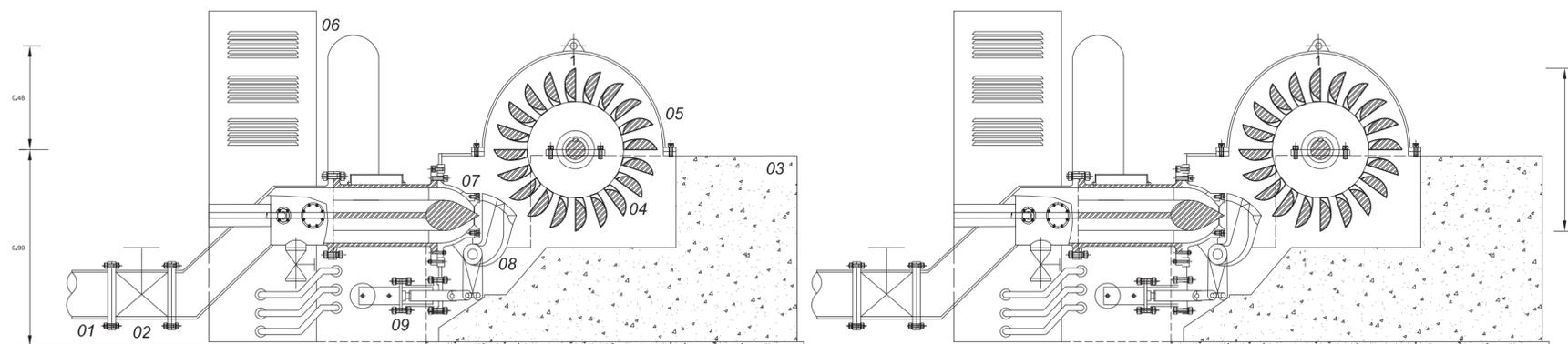


area:170.26 m2
perimetro:60.40 ml

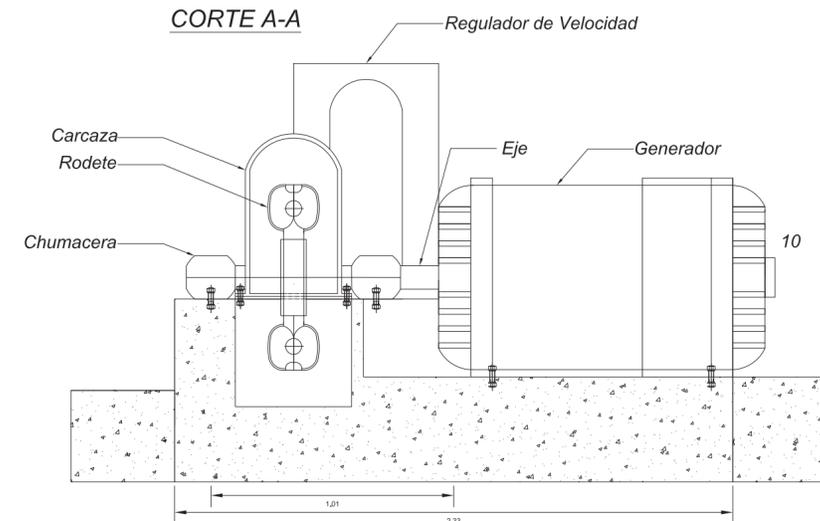
PLANO PLANTA Y UBICACION					
PROYECTO:	REACONDICIONAMIENTO DE LA MINI CENTRAL HIDROELECTRICA DE URPAY PARA UNA POTENCIA DE 400 KW				
RESISTA:	CELSO CECILIO ATAYUPANQUI HUAMAN	INSTRUMENTO:	Obras Civiles Estructuras	ESCALA:	INDICADAS
PREDIO:	URPAY	TEMA:	especificaciones tecnicas	FECHA:	2018
ESCALA:		CENTROIDE:		DATUM:	WGS - 84
UBIC.: DISTR.	HUARO	PROV.	QUISPICANCHS	DEPARTAMENTO:	CUSCO
				ZONA Y HEMISFERIO:	19L - SUR
					PU-01

Equipo Mecánico De La Mini Central Hidroeléctrica De Urpay

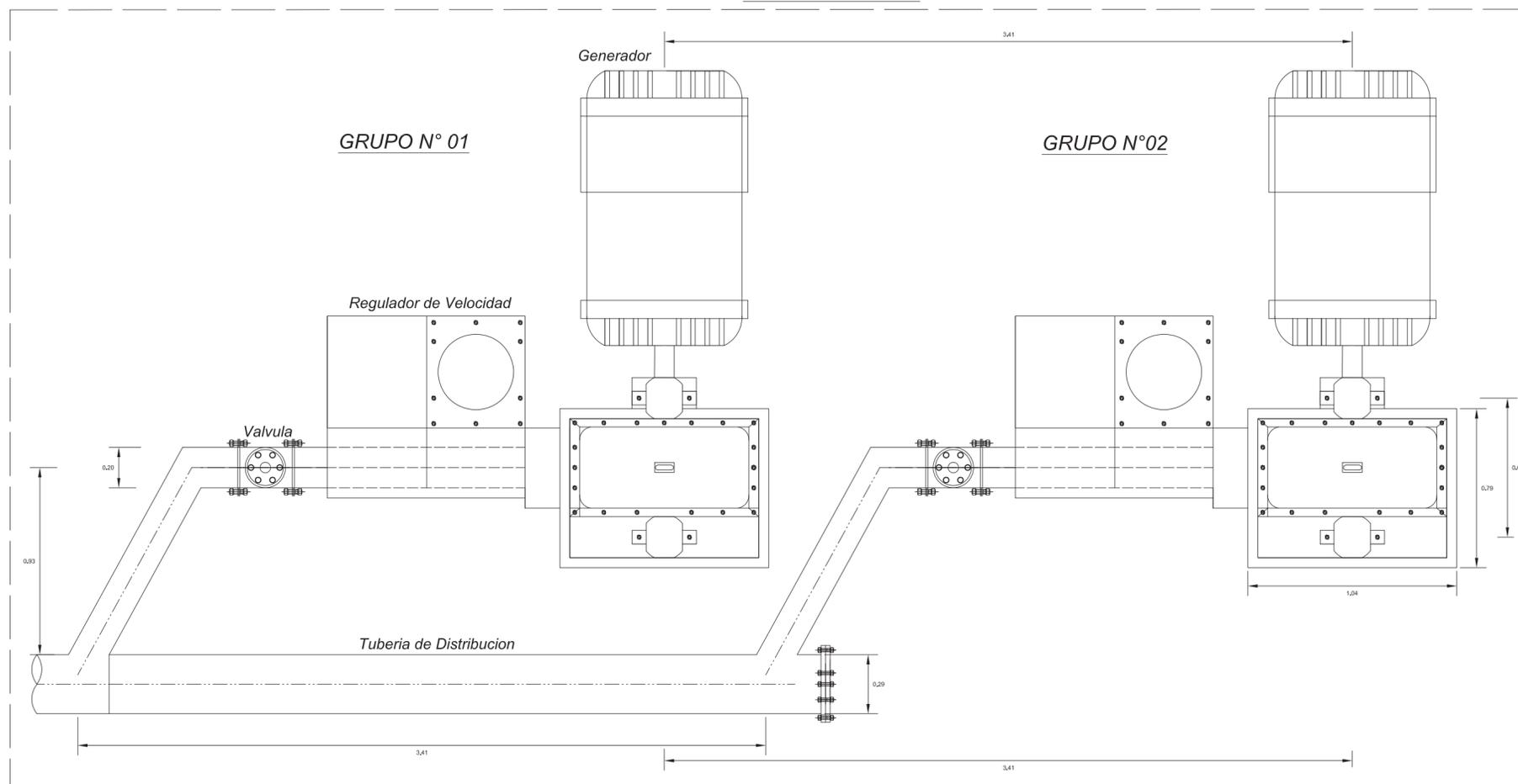
CORTE B-B



CORTE A-A



VISTA EN PLANTA



10	02	Generador
09	38	Pernos de Anclaje
08	02	Deflector
07	02	Inyector
06	02	Regulador de Velocidad
05	02	Carcaza
04	02	Rodete
03	02	Soporte de Concreto
02	02	Valvula de Apertura
01	02	Tubería de Alimentación
ITEM	CANTIDAD	ESPECIFICACIONES

Diseñado	Nombre C.z.Atayupanqui	Firma	Formato A3	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA
Dibujado	C.z.Atayupanqui		Dibujo de Turbina	
Aprobado				DEPARTAMENTO DE DISEÑO

Escala	COMPONENTES DE GRUPOS PELTON		FECHA: 10.08.2019
1:1	Unidades Basica	Unidades de Medrado Metros	PLANO: 05